Laboratoire d'Hydrologie
ORSTOM Montpellier

RECONSTITUTION GEOLOGIQUE DES AQUIFERES DU CONTINENTAL TERMINAL DANS LA REGION DE NIAMEY

Maxime MONFORT

Stage de maîtrise
Sciences de l'Environnement

Juin 1996

A* 15212 ex2

Fonds Documentaire ORSTOM
010015213

MH 73414

Fonds Documentaire ORSTOM
Cote : [redacted] Ex :

Laboratoire d'Hydrologie
ORSTOM Montpellier

RECONSTITUTION GEOLOGIQUE DES AQUIFERES DU CONTINENTAL TERMINAL DANS LA REGION DE NIAMEY

Maxime MONFORT

Stage de maîtrise
Sciences de l'Environnement

Juin 1996

Cote : A*15212 Ex : 2

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION....4

PREMIERE PARTIE : PRESENTATION....5

1-PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE....4
1-1 Géographie....5
1-1-1 Localisation....5
1-1-2 Climat et végétation....5
1-1-3 Hydrographie....6
1-2 Géologie....7
1-2-1 Le bassin des Iullemeden....7
1-2-1-1 Histoire géologique....8
1-2-1-2 Données structurales....10
1-2-2 Le Continental Terminal....10
1-2-2-1 Définition du Continental Terminal....10
1-2-2-2 Dynamique de la sédimentation....11
1-2-2-3 Lithologie du Continental Terminal....12

2 PRESENTATION DE L'ETUDE ET VALIDITE DES RESULTATS....14
2-1 But de l'étude....14
2-2 Données disponibles....16
2-3 Incertitude sur les résultats....16
2-3-1 Incertitude sur les altitudes....16
2-3-1-1 Origines des erreurs....16
2-3-1-2 Corrections....18
2-3-2 Distinction des formations....19

DEUXIEME PARTIE : ETUDE DES DIFFERENTS AQUIFERES....20

1-ETUDE DE L'AQUIFERE DES OOLITHES:....20
1-1 Analyse de la continuité de l' aquifère....21
1-1-1 Méthode....21
1-1-2 Résultats....21
1-2 Caractéristiques de l'aquifère....27
1-2-1 Géométrie de l'aquifère....27
1-2-1-1 Le toit et le mur....27
1-2-1-2 Epaisseur....27
1-2-2 Piézométrie de la nappe....30

2-ETUDE DE L'AQUIFERE DES SABLES INFERIEURS....30
2-1 Lithologie et continuité de l'aquifère....32
2-2 Caractéristiques de l'aquifère....34
2-2-1 Géométrie de l'aquifère....34
2-2-1-1 Le toit et le mur (fig. 15 et 16)....35

2-2-1-2 Epaisseur (fig.17) 35
2-2-2 Piézométrie de la nappe 37

3 LA NAPPE PHRÉATIQUE 38
3-1 Géométrie 38
3-2 Piézométrie de la nappe 40

4 RELATIONS ENTRE LES AQUIFÈRES 42
4-1 Relation entre les oolithes ferrugineuses et la nappe phréatique 42
4-2 Relation entre les sables et les oolithes 43
4-3 Relation entre les sables et la nappe phréatique 46

CONCLUSION 48

BIBLIOGRAPHIE 50

ANNEXE 51

LISTE DES FIGURES

fig. 1 : Carte de localisation 6
fig. 2 : Géologie du bassin des Iullemeden 8
fig. 3 : Les tansgressions marines post-paléozoîque dans le bassin des Iullemeden 10
fig. 4 : Coupe du bassin des Iullemeden 13
fig. 5 : Série géologique type dans le CT à l'ouest du Dallol Bosso 15
fig. 6 : Localisation des forages 18
fig. 7 : Sommet des oolithes crépinées 20
fig. 8 : Sommet des oolithes 23
fig. 9 : Les types d'oolithes 24
fig. 10 : Oolithes sous argile à lignite 26
fig. 11 : Série géologique type réinterpréter 27
fig. 12 : Base des oolithes 29
fig. 13 : Epaisseur des oolithes 30
fig. 14 : Piézométrie des oolithes 32
fig. 15 : Sommet des sables 33
fig. 16 : Base des sables 35
fig. 17 : Epaisseur des sables 37
fig. 18 : Piézométrie des sables 38
fig. 19 : Piézomètrie de la nappe phréatique 40
fig. 20 : Epaisseur entre la nappe phréatique et oolithes 42
fig. 21 : Carte des conductivités 43
fig. 22 : Epaisseur entre les oolithes et les sables 45
fig. 23 : Coupe A 46
fig. 24 : Coupe B 47

REMERCIEMENT

Cette étude a été réalisé au sein du laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM. Au moment où je termine, je tiens à remercier particulièrement mon maître de stage, Mr Christian Leduc, pour son accueil chaleureux et ses conseils précieux.

INTRODUCTION

L'objet de la présente étude est de vérifier la continuité des formations aquifères du Continental Terminal du Niger dans la région de Niamey, de reconstituer leur géométrie et de caractériser les relations entre la nappe phréatique et les aquifères profonds du Continental Terminal. En effet, les travaux précédents ont été menés sur des étendues trop vastes pour fournir des géométries détaillées et aucun travail n'est venu appuyer les hypothèses faites sur les relations entre les différents aquifères.

Ce mémoire est divisé en deux parties :

La première partie présente les caractéristiques géographiques et géologiques de la zone d'étude ainsi qu'une discussion sur l'origine et la validité des données utilisées pour le présent travail.

Dans la seconde partie, les aquifères sont identifiés, leur géométrie décrite ainsi que leur piézométrie. Des considérations sur les relations entre les différents aquifères sont établies à partir des données précédentes.

PREMIERE PARTIE : PRESENTATION

1-PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1-1 Géographie

1-1-1 Localisation

La zone intéressée par l'étude se situe à l'ouest du Niger dans la partie sud-ouest du bassin des Iullemeden (fig.1). Elle est définie par les méridiens 2°E et 3°E et les parallèles 12° 50'N et 14° 20'N. Plus précisément elle est comprise entre la rive gauche du fleuve Niger et la bordure ouest du Dallol Bosso. Elle englobe le sud du département de Tillabéri et le nord-ouest du département de Dosso.

D'un point de vue morphologique, ce domaine se caractérise par la fréquence de recouvrements latéritiques qui, selon les conditions locales, ou bien forment de vastes plateaux entaillés par des vallées profondes, ou bien sont oblitérés (en partie ou en totalité) par le revêtement sableux. L'altitude varie d'environ 185 m pour la vallée du fleuve Niger et le fond du Dallol Bosso 270 m sur les plateaux latéritiques.

1-1-2 Climat et végétation

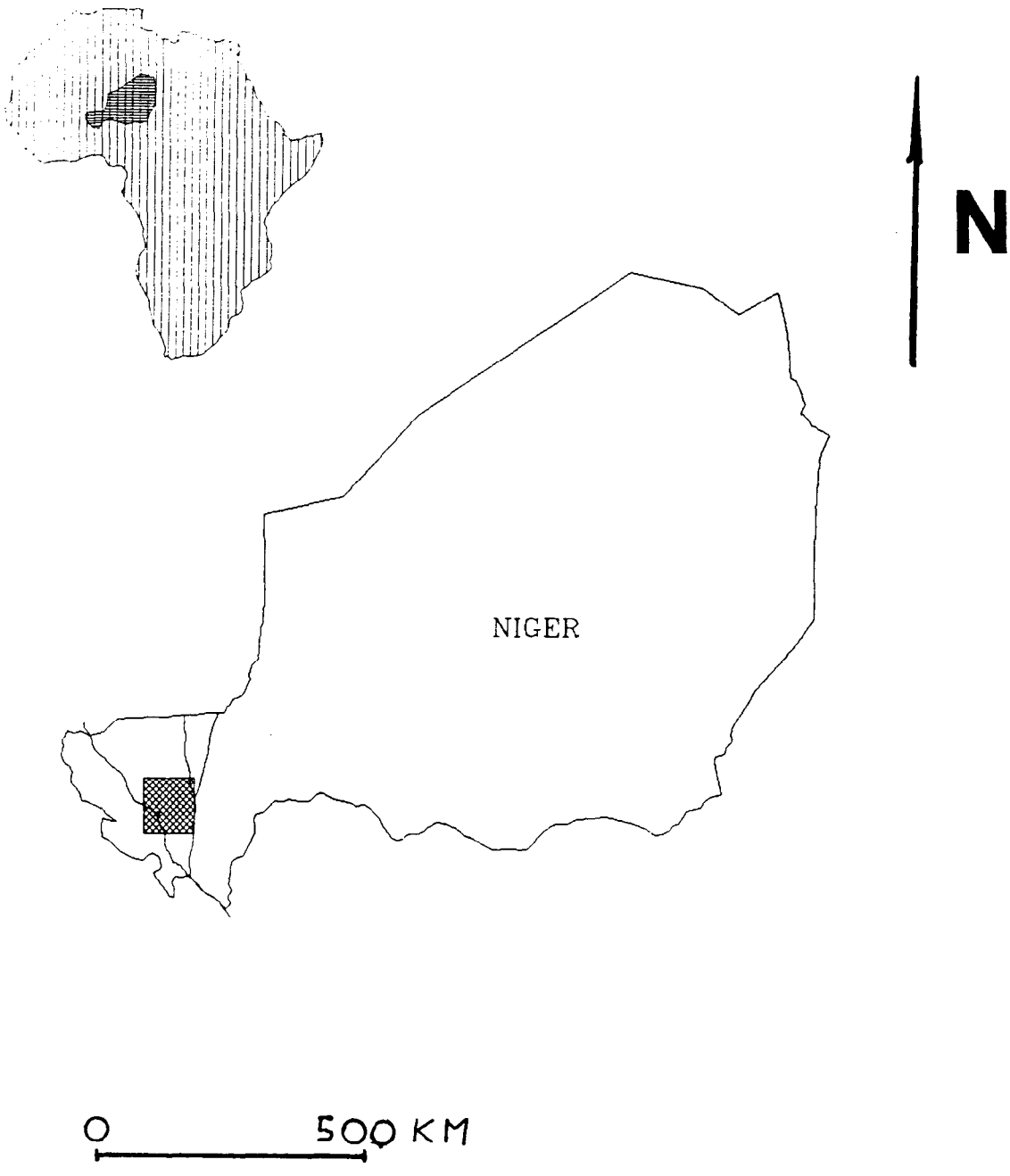
Le climat du Niger occidental est défini comme un climat semi-aride sahélien typique Avec une courte saison des pluies, en été, et une longue saison sèche.

90% des précipitations tombent entre fin juin et septembre. Les précipations calculée moyennes annuelles entre 1951 et 1989 varie de 400 mm au nord à 700 mm au sud (L'Hôte et Mahé, 1996). Les pluies peuvent être localement très intenses (200 mm/h sur une dizaine de minute). Une des particularités du climat sahélien est la variabilité des précipitations dans l'espace et dans le temps. A l'échelle annuelle, sur la période 1989-1991, des différences de 100% de la pluviométrie ont été constatées sur moins de 30 km (Taupin 1993). En outre la variabilité dans le temps se traduit à Niamey par un fort écart-type de 128 mm pour une moyenne de 561 mm entre 1900 et 1990.

La température moyenne est de 29°C avec une fluctuation de 4°C entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid. L'amplitude journalière est par contre forte et peut varier de 9°C à 15°C suivant la saison (Taupin 1990).

Le pays est dominé par deux grands types de vent : l'harmatan d'octobre à avril en provenance du Sahara qui est caractérisé par un important transport solide et les vents humides et tièdes associés à la mousson guinéenne soufflant du sud-ouest de mai à septembre.

FIG. 1 : CARTE DE LOCALISATION



La végétation est celle des régions semi-arides avec alternance de savanes arborées et de savanes arbustives. Les plateaux latéritiques sont marqués par la brousse tigrée, composée de bandes de végétation dense séparées par de larges espaces nus. Le fond des vallées et les points bas des plateaux sont dominés par la culture.

1-1-3 Hydrographie

Seul le fleuve Niger a un écoulement pérenne. Le reste du réseau hydrographique est constitué :

-soit par des oueds à l'ouest du fleuve Niger, ne coulant que pendant la saison des pluies pour se déverser dans le fleuve,

-soit par une mosaïque de petits bassins endoréiques à l'est. En effet, dans cette région, il n'existe pas de cours d'eau, même temporaire, à proprement parler. L'ancien réseau hydrographiqe a été obstrué par les dépôts éoliens. Ces cours d'eau fosiles sont appelés Koris ou Dallol suivant leur taille, les dallols pouvant dépasser 10 km de largeur. Cependant, selon l'intensité de la pluie et l'état de surface, une fraction variable des bassins endoréïques contribue aux écoulements qui peuvent parfois complètement disparaître et se reconstituer plus ou moins à l'aval pour finalement aboutir à une mare temporaire, lieu privilégié de recharge de la nappe phréatique.

1-2 Géologie

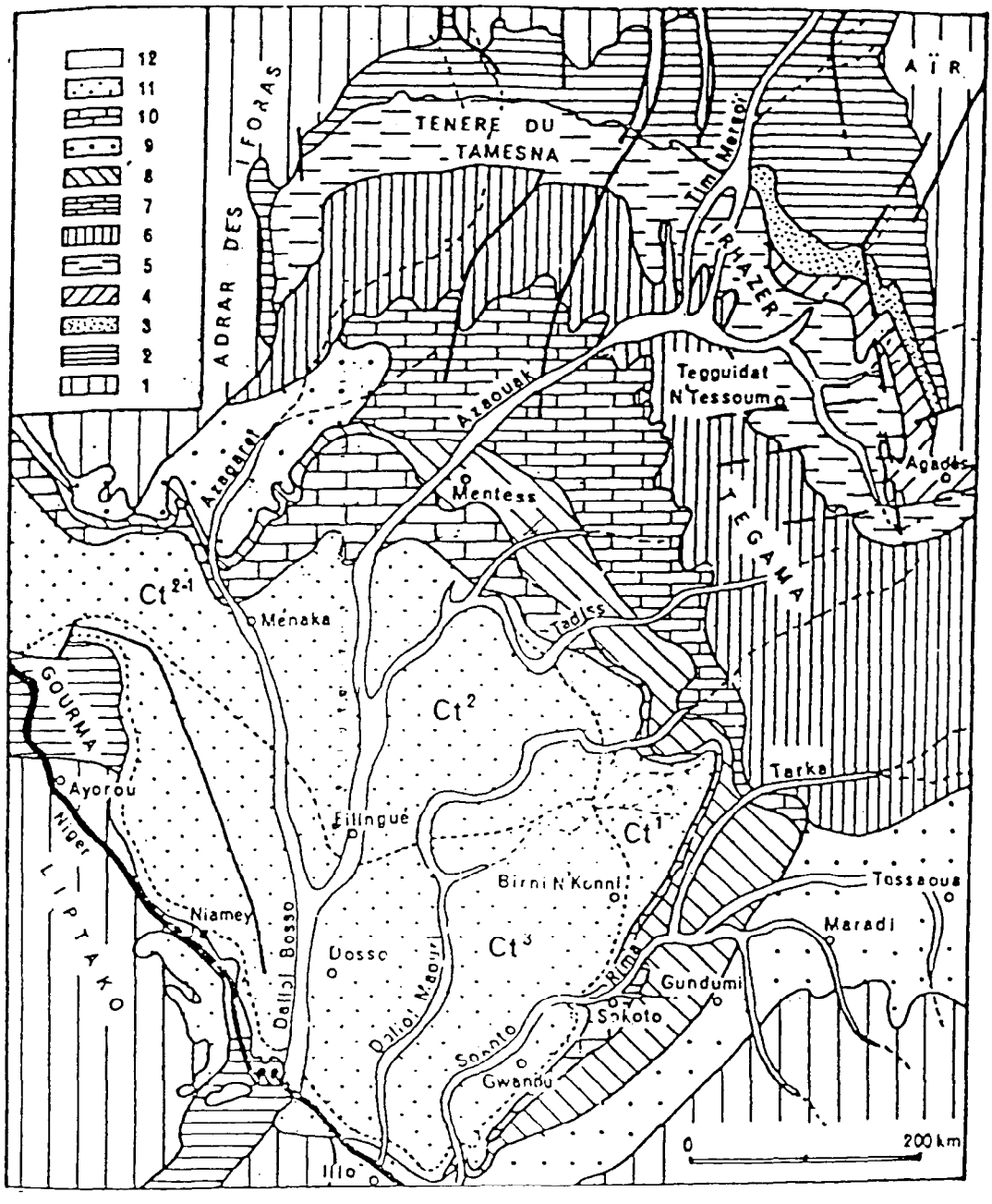
Le Continental Terminal affleure dans la partie ouest du bassin sédimentaire des Iullemeden. Ce bassin est constitué d'alternance de dépôts marins et continentaux mises en place lors des différents épisodes transgressifs et régressifs qui jalonnent son histoire géologique. Le Continental Terminal en constitue la dernière série, purement continentale comme son nom l'indique, son histoire est mal connue faute étude sédimentologique, et surtout mal datée faute d'indice paléontologique.

1-2-1 Le bassin des Iullemeden

Le bassin des Iullemeden est limité par les massifs cristallins du Liptako-Gourma, de l'Adrar des Iforas, du Hoggar, de l'Aïr, du Damagaram-Mounio et du Nigéria (fig. 2) . Il communique au nord-ouest avec le bassin de Taoudéni au Mali par l'intermédiaire du fossé de Gao établi entre l'Adrar des Iforas et le Gourma, et avec ceux du Niger Oriental (Tchad, Bilma, Termit) par le seuil du Damergou.

FIG. 2 : GEOLOGIE DU BASSIN DES IULLEMEDEN

(d'après Greigert et Pougnet,1965 in Abdoulkarimou, 1988)



1. Précambrien, 2. Cambrien - Carbonifère, 3. Permien, 4. Trias - Jurassique, 5. Wealdien, 6. Albien - Cénomanien inférieur, 7. Cénomanien supérieur - Sénonien moyen, 8. Sénonien supérieur, 9. Continental hamadien, 10. Paléocène - Yprésien, 11. Continental terminal, 12. Alluvions quaternaires.

Ce bassin correspond à une aire sédimentaire cratonique (Bertrand-Sarfati et al. ,1977 in Abdoulkarimou, 1988) affectée de mouvements épirogéniques (Faure, 1966, in Abdoulkarimou, 1988) qui ont entraîné une migration vers le sud-ouest des dépôts primaires et secondaires.

1-2-1-1 Histoire géologique

Du Cambrien au Cénomanien

Au cours du Primaire, le bassin des Iullemeden est recouvert par un golfe marin ouvert vers le nord. La sédimentation est à dominante détritique est de type deltaïque sur les bordures.

Du Permien au Cénomanien inférieur, sur plus de 150 MA, on assiste à une sédimentation détritique à caractère continental qui aboutit à la formation du Continental Intercalaire reposant en discordance sur les séries sous-jacentes. Cet ensemble est recouvert par la première transgression du Cénomanien supérieur.

Le Crétacé supérieur

Le Crétacé supérieur est marqué par une série de cycles sédimentaires commandée par le soulèvement de la marge nord-est du bassin (fig. 3).
Au Cénomanien supérieur, le golfe mésogéen existant déjà à l'est de l'Aïr pénètre dans le Niger Occidental amenant 3 épisodes transgressifs (t_1,t_2,t_3), chacun d'entre eux débordant le précédant vers le sud-ouest (Greigert, 1966 in Abdoulkarimou, 1988). La surrection de l'Aïr tardi-maestrichtienne, ferme définitivement cette communication. Cependant parallèlement, l'effondrement du détroit de Gao crée un nouveau passage qui permettra à deux ultimes transgressions (t_4,t_5) de pénétrer dans le bassin.

Les formations sont composées :

-au centre du bassin, d'alternance de dépôts marins (faunes mésogéennes des mers chaudes) et de dépôts subcontinentaux riches en végétaux houillifiés (Greigert, 1966 in Abdoulkarimou, 1988) et en restes de vertébrés,

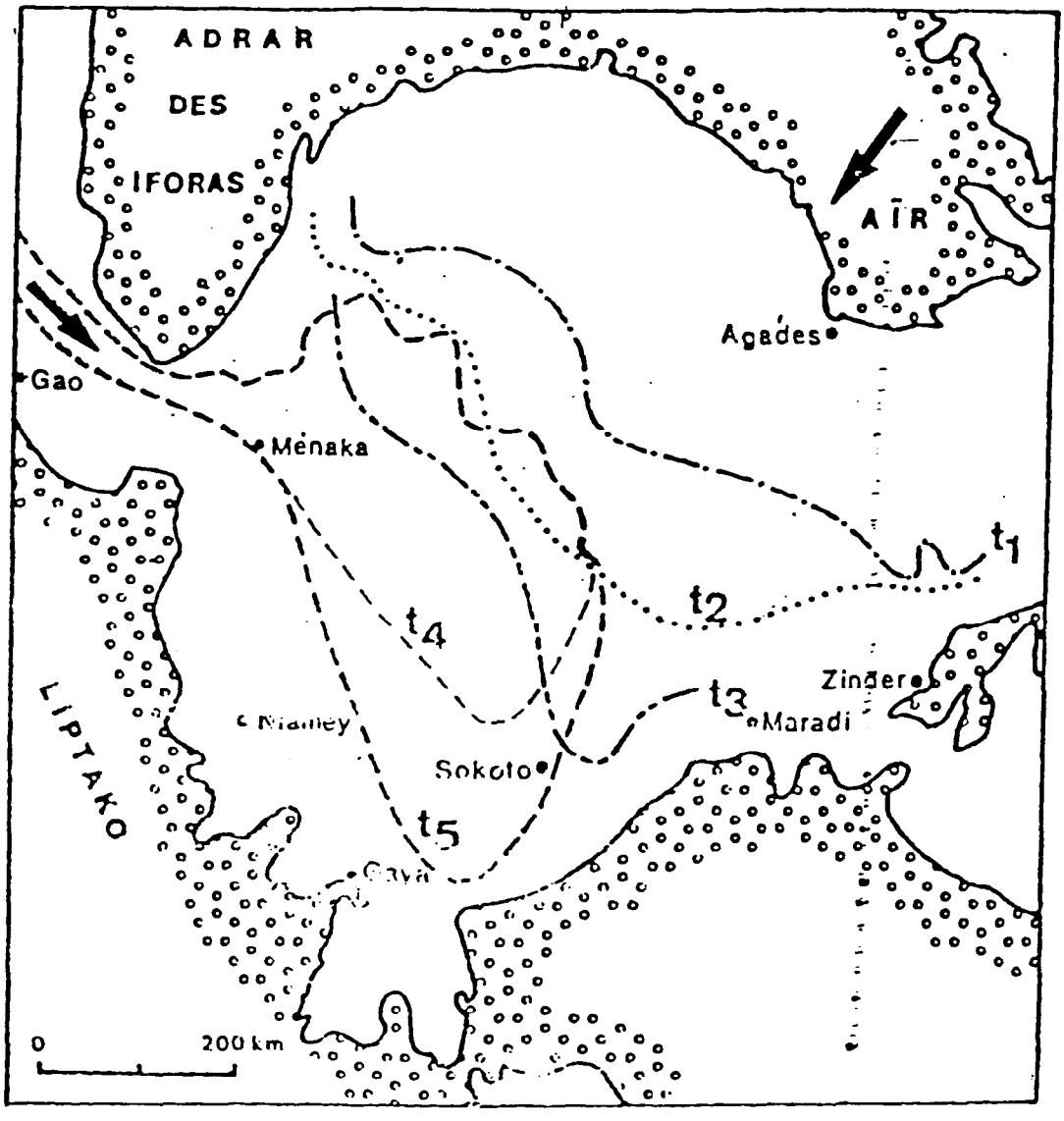
-sur la bordure nord-ouest et sud, de dépôts fluviatiles constitués de grès grossiers, à graviers de quartz et à ciment kaolinique bariolé. Ces grès sont identifiés au Continental Hamadien (Killian, 1931 in Abdoulkarimou, 1988), équivalent continental des formations postérieures à la transgression cénomanienne.

Le Tertiaire

Les seuls étages reconnus sont le Paléocène supérieur et la base de l'Yprésien. La sédimentation y est à dominante chimique et biochimique formant calcaires, phosphates et attapulgites (Greigert, 1966 in Abdoulkarimou, 1988).

FIG. 3 : LES TANSGRESSIONS MARINES POST-PALEOZOIQUE DANS LE BASSIN DES IULLEMEDEN

(d'après Greigert et Petters,1977 in Abdoulkarimou, 1988)



t_1 transgression du Cénomanien supérieur à Neolobites.

t_2 transgression du Turonien inférieur à Neolobites et Nigerice

t_3 transgression du Maestrichtien à Libycoceras.

t_4 transgression du Dano-Montien à Libycoceras.

t_5 transgression du Paléocène supérieur.

1-2-1-2 Données structurales

Le bassin est marqué par trois directions tectoniques :

-les failles de la bordure nord du bassin, sensiblement méridiennes et s'infléchissant ensuite vers le sud-ouest au niveau du 19ème parallèle.

-les failles WSW-ENE se traduisent par le réseau de failles dites "failles de Téguidat" à l'Ouest de l'Aïr,

-les failles NW-SE soulignent les grands accidents de la bordure occidentale du bassin qui abaissent brutalement le compartiment oriental de plus de 500 m. Elles sont également à l'origine du fossé d'effondrement de Gao (fig. 2).

1-2-2 Le Continental Terminal

1-2-2-1 Définition du Continental Terminal

Le terme de Continental Terminal a été créé par Killian (1931 in Abdoulkarimou, 1988) pour désigner le troisième ensemble continental détritique cénozoïque qu'il distinguait dans l'histoire du Sahara. Toutefois il n'en précisait ni l'âge exact, ni l'origine et admettait qu'il pouvait présenter des faciès variés. Le terme a été repris par bon nombre d'auteurs, dans des études postérieures, pour désigner toutes formations postérieures au Crétacé supérieur et composées d'épandages détritiques argileux et de concrétions ferrugineuses (faciès sidérolithique) en Afrique de l'Ouest.

Des études postérieures ont permis de préciser l'âge de la base de cette formation :

-Dubois (1979 in Abdoulkarimou, 1988), par des considérations biostratigraphiques et géodynamiques, a proposé de faire appartennir le CT1, formation de base du Continental Terminal, (v définition 1-2-2-3) à l'Eocène moyen voire supérieur.

-Boudouresque (1982 in Abdoulkarimou, 1988) a pu montrer que l'ensemble était post-éocène moyen et anté-quarternaire.

-Par comparaison à d'autres régions d'Afrique de l'Ouest, Lang (1982 in Abdoulkarimou, 1988) suppose que l'Oligocène correspond au moins en partie à une lacune de dépôts et que l'existence de dépôts éocènes supérieur reste possible.

Enfin, synthétisant toutes les données antérieures, le projet N°210 du P.I.G.C.P (Proceeding of the Internationnal Geological Correlation Project) a décidé de réserver le terme de Continental Terminal à toutes formations détritiques quartzo-kaoliniques à faciès sidérolithique, disposée en discordance stratigraphique sur n'importe quel soubassement et d'âge compris entre l'Eocène moyen et le Quaternaire.

Il est à noter que la signification de ce terme était surtout géodynamique. En effet, il désigne des formations issues de l'érosion des déformations tectoniques du Tertiaire.

1-2-2-2 Dynamique de la sédimentation

A l'Ypresien, le Niger est isolé du domaine océanique par des mouvements tectoniques verticaux relevant le cadre actuel du bassin. Une cuvette se forme où s'accumulent, sous un régime fluviatile ou lacustre, les produits de démolition provenant principalement des formations sédimentaires du nord du bassin.

L'ensemble des sédiments s'est ainsi accumulé dans une forme synclinale d'axe nord-sud, correspondant à peu près à la ligne Filingué-Doutchi. Sa puissance peut atteindre 450 m à l'aplomb de cette ligne (fig. 4). Cet ensemble est plus communément appelé "Synclinal de Dogondoutchi". D'après Greigert, cette forme synclinale peut résulter :

-soit d'un relèvement des bords orientaux et occidentaux du bassin, le centre restant stable,

-soit d'un enfoncement de ce dernier, hypothèse qu'il retient (Greigert, 1968 in Abdoulkarimou, 1988).

Or, pendant que s'accumulent les sédiments dans la cuvette, les roches du soubassement sud -ouest du bassin s'altèrent. Actuellement, cette zone d'altération est recouverte par les plus récents dépôts lacustres du Continental Terminal. Cette lithomarge est plus ou moins épaisse, de quelques mètres à plus de 40 m.

Le caractère continental des dépôts entraîne des variations de faciès aussi bien latérale que verticale. Cependant les différentes formations du Continental Terminal sont marquées par deux caractéristiques :

-l'abondance du fer, formant les dépôts sidérolithiques correspondant à des niveaux de faible énergie (étendues fluvio-palustres). Imprégnant les argiles où cimentant les sables, le fer se retrouve surtout sous la forme de concrétions oolithiques.

-la présence de matière organique, la végétation qui couvrait les parties exondées du bassin, se retrouve sous forme de menus débris d'amas de bois houillifié.

1-2-2-3 Lithologie du Continental Terminal

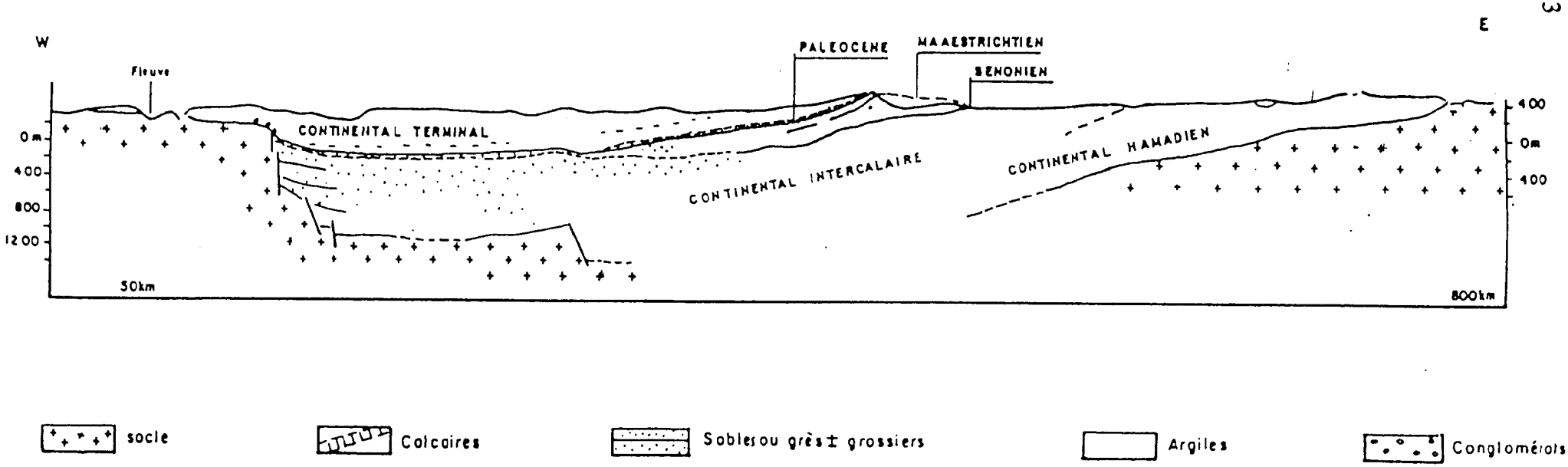
Sur l'ensemble du bassin (fig. 2)

Au sein du Continental Terminal du Niger, trois ensembles peuvent être distingués (Greigert, 1978) :

-la série sidérolithique de l'Ader Doutchi caractérisée par plusieurs niveaux de formations oolithiques ferrugineuses (CT1) ; elle affleure sur la bordure à l'est de la ligne Birni N'Koni-Tahoua. Sur la bordure occidentale, le Continental Terminal repose en discordance sur les

FIG. 4 : COUPE DU BASSIN DES IULLEMEDEN

(d'après Greigert, 1966 in Le Gal La Salle, 1994)



altérites du socle antécambrien alors qu'au sud elle repose sur le Continental Hamadien.

-la série argilo-sableuse à lignite (CT2) : elle est définie par une alternance d'argiles, sables et silts à grains bien classés et bien lavés. Les argiles noires contiennent des débris végétaux ligniteux. Elle affleure dans la partie septentrionale du bassin.

-la série des grés argileux (CT3) : elle affleure dans la partie SW du bassin.

Dans la zone d'étude

D'après Aboulkarimou (1988), sur une zone englobant notre secteur d'étude, il est possible de reconnaître la lithologie suivante (fig. 5) :

1-sables moyens à grossiers beige,

2-alternance de sables et silts à passées argileuses, dont la limite inférieure est formée d'argiles et silts gris,

3-argiles silteuses brunes ou bariolées,

4-oolithes ferrugineuses d'un diamètre de 0,1-0,2 mm emballée dans une matrice silto-argileuse et dont la base définit la limite entre le CT2 et le CT3,

5-argiles et silts verdâtres, argile et silts à lignite avec des niveaux de sables,

6-sables quartzeux et grès moyens à grossiers.

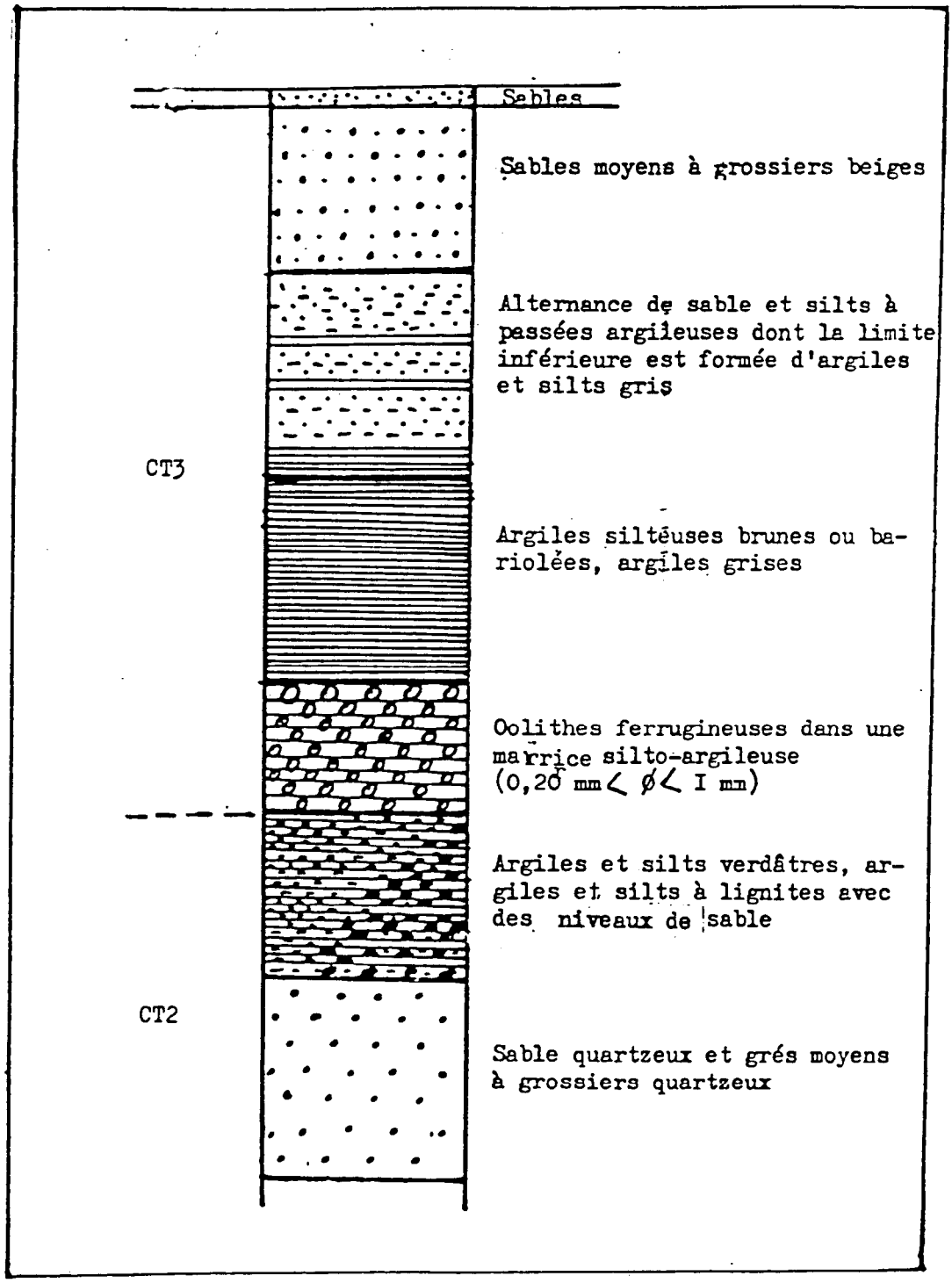
2 PRESENTATION DE L'ETUDE ET VALIDITE DES RESULTATS

2-1 But de l'étude

La présente étude est réalisée en continuité avec le projet Hapex-Sahel (Hydrology and Atmosphéric Pilot Experiment in the Sahel). Ce programme s'intègre dans les actions menées sous l'égide du Programme Mondial de la Recherche sur le Climat (PRMC). L'un de ses principaux objectifs est la fourniture de paramètres hydrologiques et climatiques intégrables dans les modèles climatiques de circulation globale.

Pour apprécier la variabilité des processus de redistribution à une échelle compatible avec la maille élémentaire des modèles de circulation globale (dizaine de km^2), le projet Hapex-Sahel a cherché à identifier le fonctionnement du degré carré de Niamey (entre 2 et 3°E et 13 et 14°N) soit une surface de 12 000 km2, à l'intérieur de laquelle l'acquisition des paramètres hydrologiques se fait à toute échelle, de la parcelle à la maille de base des modèles, permettant ainsi l'évaluation de moyenne de ces paramètres et la vérification de leur signification sur une maille

FIG. 5 : SERIE GEOLOGIQUE TYPE DANS LE CT A L'OUEST DU DALLOL BOSSO
(d'après Abdoulkarimou, 1988)



de base. Ainsi le projet a pour vocation l'étude des paramètres contrôlant les échanges entre la surface continentale et l'atmosphère sous climat semi-aride.

Or, dans l'environnement sahélien de l'ouest du Niger, le très fort endoréisme explique que la nappe phréatique est le domaine hydrologique souterrain le plus représentatif des évolutions à l'échelle du degré carré. Environ 10% des précipitation y aboutissent, le reste rentrant dans les processus d'évapotranspiration.

Il apparaissait donc nécessaire de caractériser les processus de recharge de la nappe phréatique du Continental Terminal dans le degré carré. Les recherches antérieures ont proposé 2 formes de recharges :

-pour l'essentiel, en provenance de la surface, par l'intermédiaire des mares constituant le terme du système endoréïque,

-dans une moindre mesure, d'origine profonde, en provenances des aquifères sous-jacent.

Cependant, les informations disponibles sur les aquifère du Continental Terminal sont peu nombreuses et peu récente. Pratiquement, la seule référence est Greigert qui a travaillé dans les années soixante et soixante-dix sur une étendue très vaste avec très peu d'informations. Dans son bilan (1978), il établit son travail sur trentaine de forage courant l'ensemble du Continental Terminal. Depuis, à part la tentative d'Abdoulkarimou, il n'y a pas eu de réelles actualisations des connaissances.

Or, dans le cadre du projet Hapex, des études hydrogéochimiques approfondies sur la nappe phréatique ont révélé des anomalies soutenant l'idée de relations (drainance ou contact direct) entre cette dernière et les horizons aquifères plus profonds du Continental Terminal. Il était donc nécessaire de reconstituer la géométrie précise des différentes formations aquifères dans le but de confirmer et de localiser ces relations. Sans s'arrêter à la nappe, nous avons aussi essayer de mettre en évidence des relations entre les deux milieux profonds.

2-2 Données disponibles

Cette étude est principalement basée sur des coupes de forages programmés lors de grandes campagnes d'équipement pour l'hydraulique villageoise dont le but est l'alimentation en eau potable des populations rurales. Ces programmes sont :

-Entente Phase 1 : réalisé d'octobre 82 à octobre 84, 36 forages utilisés,

-Entente Phase 2 : réalisé de janvier 87 à avril 88, 98 forages utilisés,

-BID : réalisé de février à avril 86, 11 forages utilisés,

-Nord Niamey : réalisé de mars à novembre 83, 6 forages utilisés,

-CEAO, un seul forage (25/02/86), plus quelques autres isolés (réalisé au cour des année 90),

soit au total 155 forages.

Ces forages ont été réalisés par des sociétés privées. Les coupes ont été rassemblées et mise au propre par le BRGM.

Les points sont répartis sur l'ensemble du degré carré et sur ses contours où l'étude a été étendue (fig.6).

D'après l'analyse de ces coupes, on s'attend à retrouver les grandes unités lithologiques et hydrogéologiques du Continental Terminal dans le but de cartographier leurs caractéristiques géométriques grâce à un logiciel de Système d'Information Géographique.

2-3 Incertitude sur les résultats

Au cours de notre étude nous avons été confrontés à un problème de validité de données dû aux incertitudes entachant les documents que nous avons utilisés. Ainsi, nous avons pu dégager 2 types d'incertitudes : une sur l'estimation des altitudes , l'autre sur la distinction des formations.

2-3-1 Incertitude sur les altitudes

2-3-1-1 Origines des erreurs

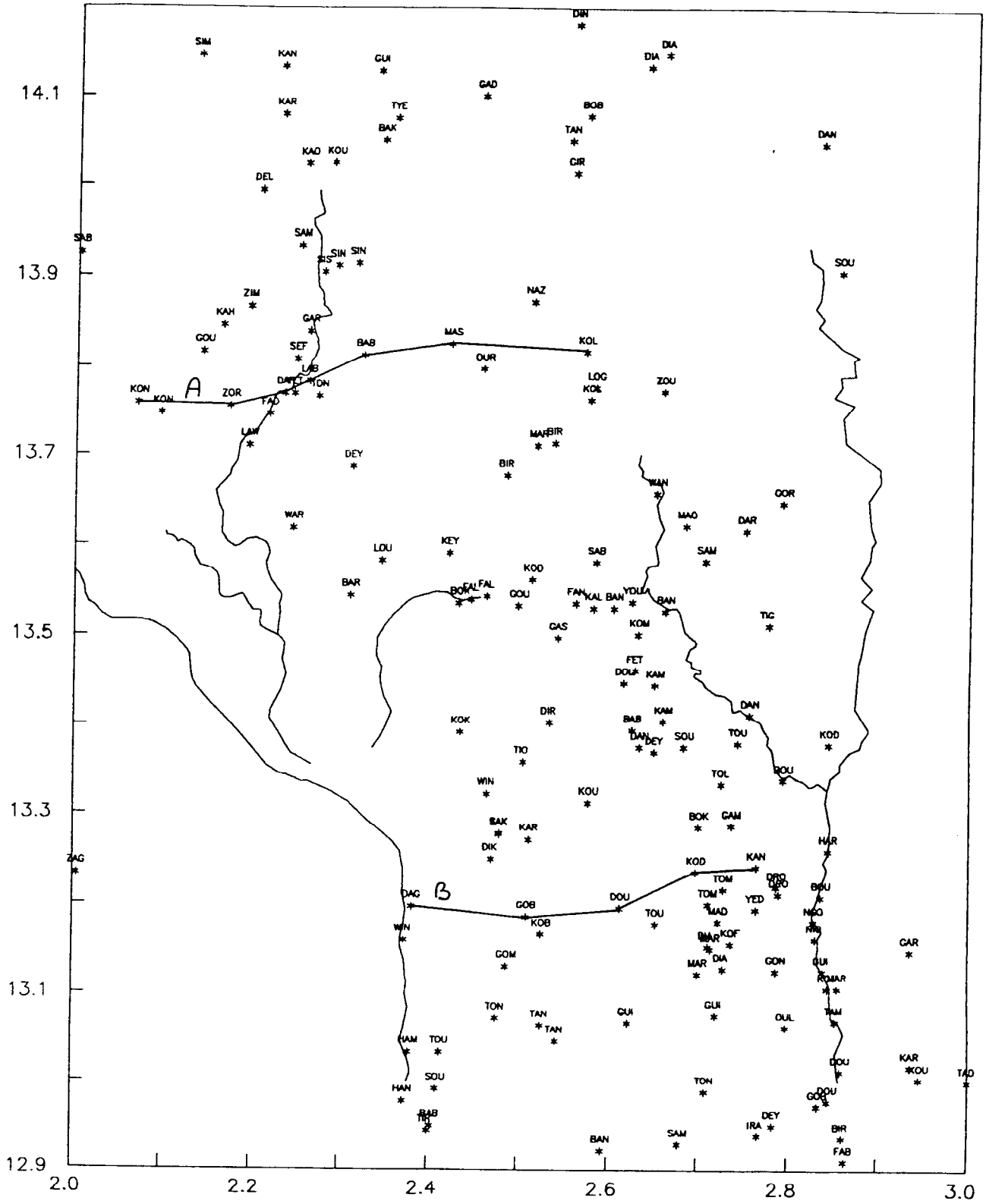
L'incertitude sur les altitudes des toits et des murs des formations est essentiellement due à l'estimation des altitudes topographiques sur carte. De manière moins importante, elle peut être induite par des négligence du foreur.

L'erreur sur l'estimation des altitudes des formations est due à la démarche utilisée pour les établir. Les coupes nous fournissaient la côte relative, que nous retraduisions en côte absolue moyennant la connaissance de l'altitude de la surface du sol établie sur carte. Or, ces cartes souffrent de fortes imprécisions. Ces imprécisions sont de 2 types : faible pouvoir de résolution topographique de la carte et erreur sur la position des points utilisés.

En effet, l'altitude de la plupart des têtes de forages a été établie d'après des cartes au 1/200 000, seules cartes disponibles sur la région, où les courbes de niveau sont tracées tous les 40 m. L'utilisation des connaissances topographiques et géomorphologiques de la région a donc été nécessaire pour extrapoler les altitudes. Mais les altitudes ainsi déterminées sont très approximatives et données avec une imprécision pouvant dépasser 10 m.

A ces imprécisions, viennent s'ajouter les erreurs sur la position des forages. Ces erreurs sont directement liées à la manière dont les coordonnées ont été établies. En effet, les coordonnées des forages dans les dossiers n'ont jamais été mesurées sur le terrain mais évaluer d'après la carte. Ce qui peut être très approximatif et induire des erreurs suplémentaires sur l'estimation des altitudes.
Par exemple, pour les villages construits sur de forte pente ou en bordure de falaise, une erreur de quelques mètres peut engendrer des variations d'altitude importante. A Nounga Zarma, construit en bordure du Dallol Bosso, la différence d'altitude entre le point le plus haut et le point le plus bas du village est d'environ 15 m.

FIG. 6 : LOCALISATION DES FORAGES



En outre, l'âge des cartes est aussi un facteur déterminant sur les erreurs de position. Les cartes utilisées ont été établies sur la base de photographies aériennes dont la campagne la plus récente a été faite en 1975 et ont été complétées par des données de terrain dont les dernières ont été relevées en 1979 (à noter que la date d'édition d'une des cartes était 1960). Or depuis l'élaboration des cartes, pour des raisons économiques (agricole, ressources en eau), certains villages ont pu migrer.

En outre des négligences dans le rapport du foreur peuvent engendrer des erreurs sur l'estimation de la profondeur. En effet, ce dernier estime la profondeur des formations en comptant le nombre de barres de forage qu'il introduit dans la tige de foration. Or il arrive que par inattention le foreur oublie de compter une barre, ce qui décale l'estimation de la profondeur des formations sous-jacentes.

2-3-1-2 Corrections

Nous avons donc cherché le moyen de réduire ces erreurs. Pour ce, nous avons procédé de la façon suivante par itération :

-A chaque formation cartée, on pouvait observer une évolution générale.
-On repérait les points en discordance avec cette tendance générale ou simplement avec les points voisins.
-Ensuite, pour être certain que la différence d'altitude n'était pas due à une discontinuité, on comparait la description de la formation du point concerné et celles des points voisins dans le but de relever des différences ou des nuances significatives.
-Si ce n'était pas le cas, on modifiait les altitudes dans la mesure où l'interprétation de la carte nous le permettait.

Nous avons plusieurs raisons de penser que cette méthode ne nous a pas fait passer à côté de discontinuité majeure :

-Les points aberrants n'étaient quasiment jamais regroupés.
-Les mêmes points se sont révélés être aberrants pour les diverses formations cartées lorsque celles-ci étaient présentes sur une même coupe.

Tout ceci nous a permis de relever les erreurs les plus importantes et de ramener l'incertitude entre 5 et 10 m.

2-3-2 Distinction des formations

L'autre difficulté est de reconnaître et de suivre les formations à travers les descriptions des coupes. En effet, il faut avoir à l'esprit plusieurs faits avant d'interpréter ces coupes.
Les descriptions n'ont pas été faites par la même personne. Une même roche peut être décrite différemment dans ses nuances. Ainsi, à Kone Beri, deux forages fait à quelques mètres l'un de l'autre lors de programmes différents (CEAO et BID)

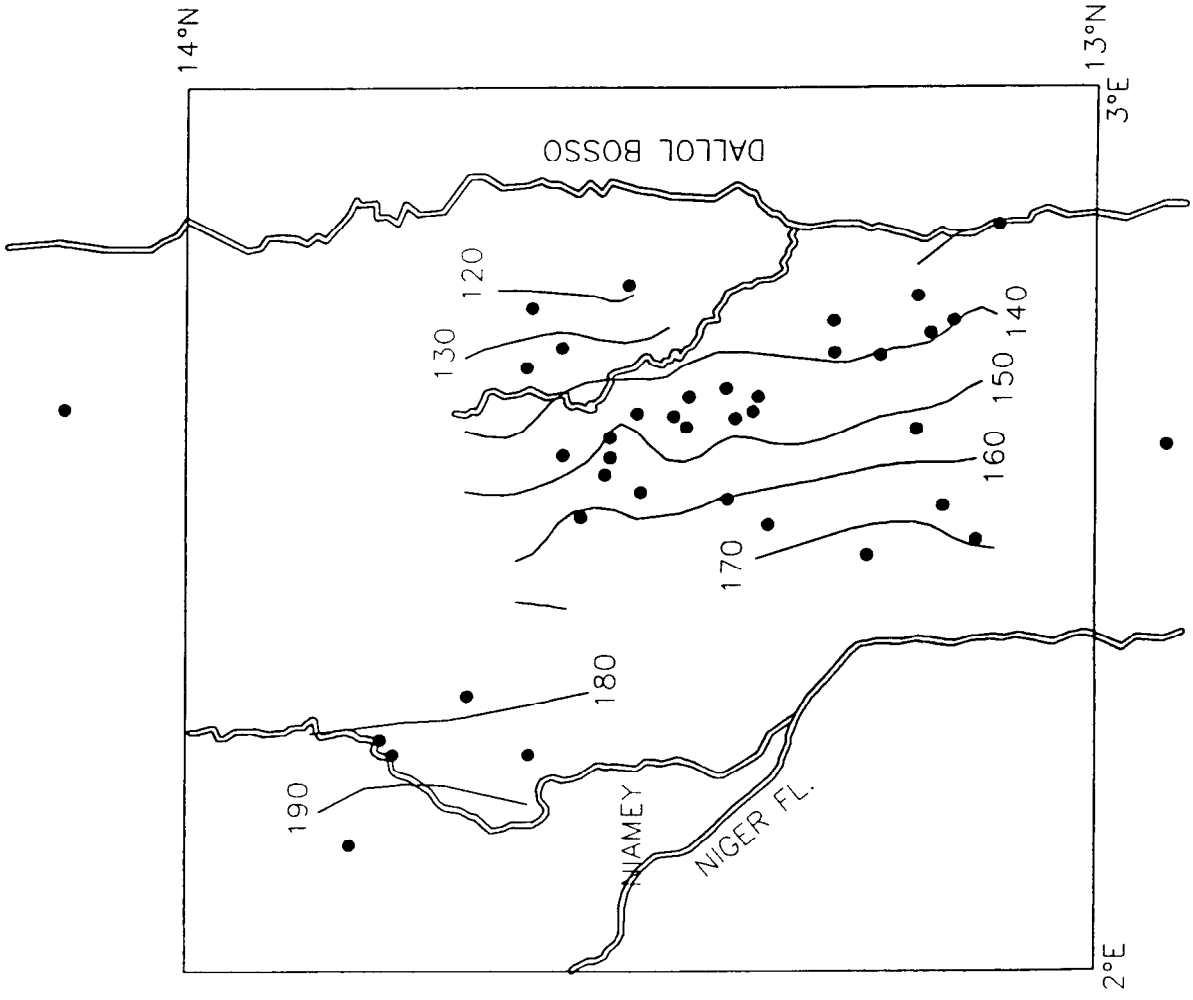
décrivent deux formations comprises entre 10 et 28 m. de profondeur de la façon suivante :

-*sables argileux jaune brun* et *argile compacte sableuse jaune*,
-*pélites jaunâtres* et *faciès argileux pélitique jaune*.

A ceci vient s'ajouter le manque de qualification des descripteurs qui ne sont souvent que des foreurs sans aucune formation en géologie.

La seule façon de suprimer ce type d'incertitude est de comparer les forages concernés avec les forages les plus proches et d'essayer d'y retrouver des analogies.

FIG.7 : SOMMET DES OOLITHES CREPINEES



DEUXIEME PARTIE : ETUDE DES DIFFERENTS AQUIFERES

Au sein des séries composant le Continental Terminal dans la zone étudiée, trois types d'aquifère ont été rencontrés par forages. Il s'agit :

-des sables à la base de la série argileuse à lignite appelés aquifère des sables inférieurs du Continental Terminal (Greigert 78),

- l'aquifère des oolithes ferrugineuses,

-l'aquifère de la nappe phréatique, composé des différents terrains perméable appartenant au CT3,

les deux nappes profondes étant captives.

1-ETUDE DE L'AQUIFERE DES OOLITHES:

Plusieurs niveaux à oolithes ferrugineuses ont été repérés par Greigert (1966) à travers les différentes séries du Continental Terminal. Lors d'une étude plus approfondie faite sur une zone englobant le degré carré, Abdoulkarimou (1988) a relevé la présence d'un niveau à oolithes qu'il a défini comme étant la limite locale entre le CT2 et le CT3. Par ailleurs il signale ce niveau comme aquifère. Cependant aucune justification rigoureuse n'a été donnée en ce qui concerne la continuité de ce niveau. On ne sait si ces oolithes constituent une seule couche uniformément répartie sur toute la région correspondant à une période particulière de l'histoire du Continental Terminal ou si elles constituent plusieurs niveaux formés à des périodes différentes en des points particuliers. Auquel cas il n'y aurait pas une histoire sédimentaire unique sur toute la région. La même question peut se poser pour les autres formations d'importance hydrogéologique. Il était donc nécessaire de commencer cette étude en recherchant la continuité des aquifères. Le fait qu'un des aquifères soit continu laisse l'espoir que les autres le soient, mais ne l'implique pas strictement. Le niveau à oolithes a été choisi pour les raisons suivantes :

-Il se situe à une profondeur moyenne. Ce qui le rend accessible à un bon nombre de forages.

-A première vue il semble présent dans la plupart des coupes suffisamment profondes pour l'atteindre.

-Il est facilement repérable, ce qui nous permet de réduire l'incertitude sur les descriptions des coupes (v. chap. 2-3-2). En effet, même si leur couleur et la description de leur matrice peuvent varier, les oolithes sont des éléments suffisamment frappants pour ne pas passer inaperçus à un observateur.

1-1 Analyse de la continuité de l' aquifère

1-1-1 Méthode

Nous sommes partis sur l'hypothèse que les oolithes étaient réparties sur différents niveaux. Nous avons donc cherché les caractéristiques éventuelles qui nous permettraient de différencier ces niveaux. Après une première lecture des coupes, on s'est aperçu qu'il était possible de faire plusieurs distinctions dans les niveaux oolithiques repérés :

type O1-Les *oolithes* et les *oolithes argileuses*, elles constituent le niveau aquifère. On peut ajouter à cette catégorie des *argiles à oolithes* ou des couches décrites comme *argiles et oolithes* qui ont été crépinées, ce qui laisse supposer qu'elles étaient aquifères, donc une erreur du descripteur.

type O2-Les *argiles à oolithes* ou *argiles et oolithes* non crépinées, donc considérées comme insuffisamment perméables pour être captées. D'après la description, on ne sait si ces niveaux sont des argiles avec des horizons oolithiques ou simplement des oolithes disséminées dans les argiles. Dans ce cas, on pourrait penser à une augmentation de l'importance de la matrice argileuse.

type O3-Les oolithes intercalées dans des *argiles à lignite* : Abdoulkarimou (1988) avait décrit les argiles à lignite comme appartenant au CT2. Les oolithes devraient donc se trouver au dessus de ce niveaux. Or dans certaines coupes ce n'est pas le cas.

type O4-Les coupes traversant les argiles à lignite et ne rencontrant pas d'oolithes, c'est à dire les points où le niveau oolithique recherché est absent.

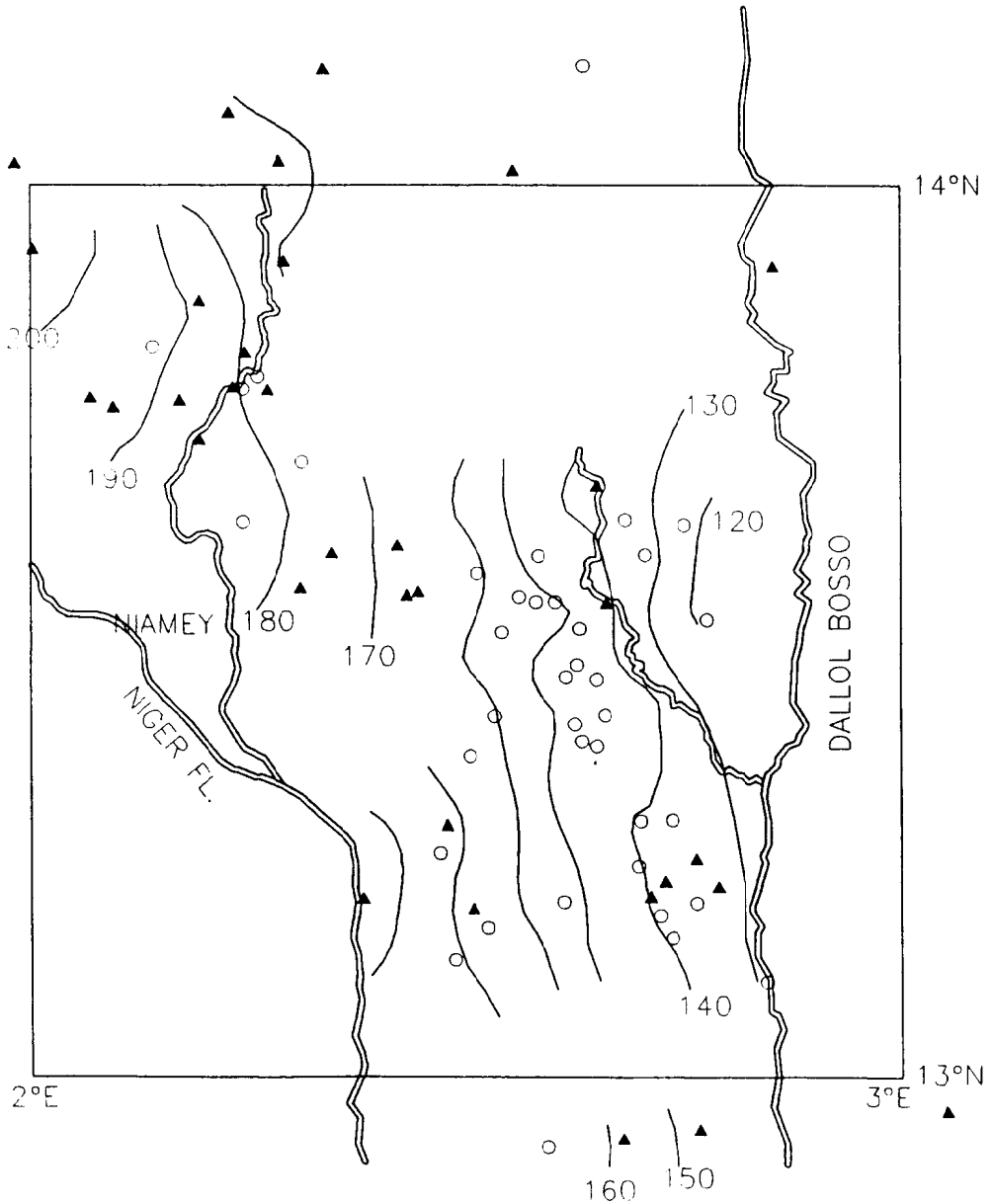
Toutes ces informations ont été stockées dans un base de données fonctionnant sous dBASE III+.

1-1-2 Résultats

La production de carte s'effectue grâce à un logiciel de cartographie SIG. La cartographie du toit des oolithes aquifères seules (type O1) ne montre pas de rupture de pente importante (fig.7). Il est donc raisonnable de penser que ces oolithes constituent une formation homogène.

De plus l'addition des données des coupes (type O2), *argiles à oolithes* ou *argiles et oolithes* (23 forages), avec celle des coupes (type O1) ne modifie pas fondamentalement la forme des isobathes de la carte précédente (fig. 7 et fig. 8). Les deux niveaux appartiennent donc à la même formation. Ces points où les oolithes ne sont pas crépinées sont soit dispersés soit concentrés sur de petite zone. Ils correspondent, pour la plupart, à des augmentations locales de la matrice argileuse rendant les caractéristiques hydrodynamiques inintéressantes (fig. 7) ou pour la bordure ouest à un amincissement important (v. 2-2-2).

FIG.8 : SOMMET DES OOLITHES



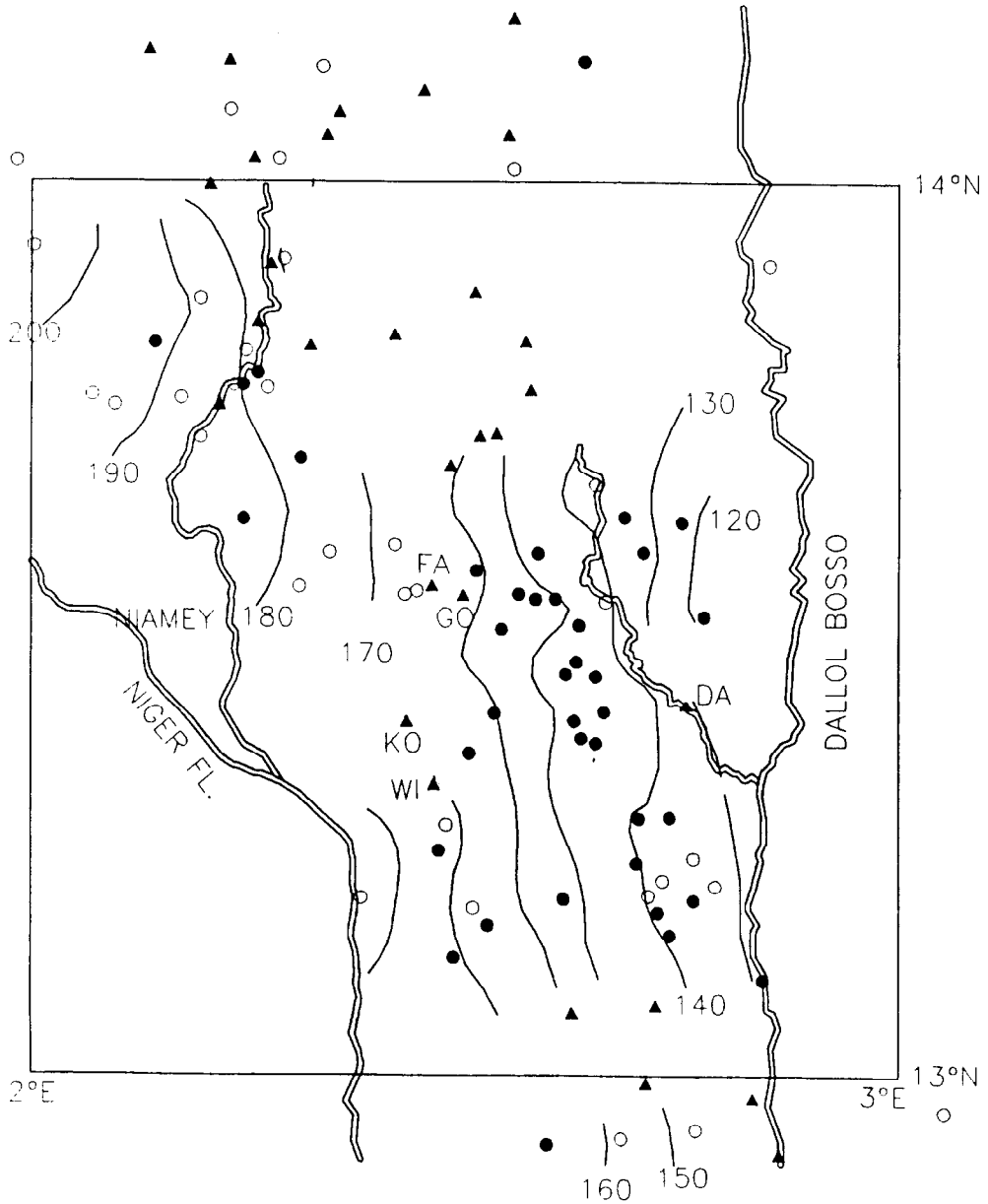
▲ oolithes non captées

○ oolithes captées

Km

0 20 40

FIG. 9 : LES TYPES D'OOLITHES



▲ sans oolithes

○ oolithes non captées

● oolithes captées

DA : DANTIANDOU
FA : FALINKE BERI
GO : GOUNTI KOUARA
KO : KOKOUARE PEULH
WI : WINDE KAINA

Km
0 20 40

Les coupes où les oolithes sont absentes (type O4), à l'exception de quelques points, sont regroupées dans deux principales régions (fig.9) :

-la plus importante au nord, comprise entre les latitude 13,7° et 14° et les longitudes 2,3° et 2,8°,

-l'autre à l'extrémité nord-est comprise entre 13° et 13,1° de latitude et 2,6° et 2,9° de longitude.

A première vue, le reste des points semble dispersé au milieux des zones à oolithes. Mais les villages de Falinke Beri, Gounti Kouara et Winde Kaïna, Kokouarey Peulh sont à la limite d'une zone où aucun forage n'est présent. Il est possible que cette zone soit sans oolithes. Il faudrait avoir des coupes d'autres forages du secteur si elles existent pour vérifier cette hypothèse. Par contre le forage de Diantiandou se situe dans une région où les forages ne sont pas assez profonds pour atteindre les oolithes, à l'exception du village de Kodey où le foreur a pénétré une couche d'argile grise sans lignite sur une épaisseur de 36 m sans en atteindre la base, à une côte inférieure à celles qu'aurait le toit des oolithes si les isobathes étaient prolongées. Ceci laisserait croire que nous sommes dans une zone sans oolithes.

Tout à fait au nord, on observe une zone mixte avec des points sans oolithes au milieu desquels sont dispersés des points à oolithes (fig. 9) (Kounam, Karfale, Guilmal Fandou, Girbeye, Diab Kaïna). Ces horizons sont en général peu épais et leurs descriptions laissent penser que les oolithes sont disséminées dans une matrice argilo-silteuse importante (argile silteuse à oolithes), à l'exception du forage de Diab Kaïna où l'épaisseur est plus importante et où les oolithes sont dominantes par rapport à la matrice (oolithes argileuses). En dépit du manque de données, on peut remarquer que les côtes de ces niveaux semblent décroître régulièrement et de façon analogue à la zone du centre. A partir de ces observations deux hypothèses peuvent être avancées :

-La limite entre la zone à oolithes et celle où elles sont absentes est compliquée et tortueuse. Dans ce cas on manquerait de forage pour la définir avec précision, ce qui donne l'effet que le peu de forages à oolithes présents soient dans une zone vide d'oolithes.

-La région contiendrait des lentilles oolithiques qui constitueraient des traces du niveau connu à l'ouest.

Dans les deux cas on pourrait penser à une reprise d'un niveau à oolithes franc aux alentours de Diab Kaïna s'étalant vers le nord-est. Mais cette hypothèse n'est fondée que sur un seul forage. De toute façon, sur le plan hydrogéologique, les oolithes présentes ne sont pas aquifères.

Les niveaux à oolithes contenus dans les argiles à lignite (type O3) sont pour la plupart localisés dans le nord sauf Maourey Tokobinkani qui se situe au centre (fig. 10). Les oolithes de Maourey Tokobinkani de par leur côte semblent bien appartenir au même niveau que celles des forages voisins. Les autres forages appartiennent à ceux décrits précédemment (type O4). Ces remarques remettent en cause la limite entre le CT2 et le CT3 telle qu'elle est définie par AbdoulKarimou (1988). En effet il postule que cette limite est constituée par la base des oolithes

FIG.10 : OOLITHES SOUS ARGILE A LIGNITE

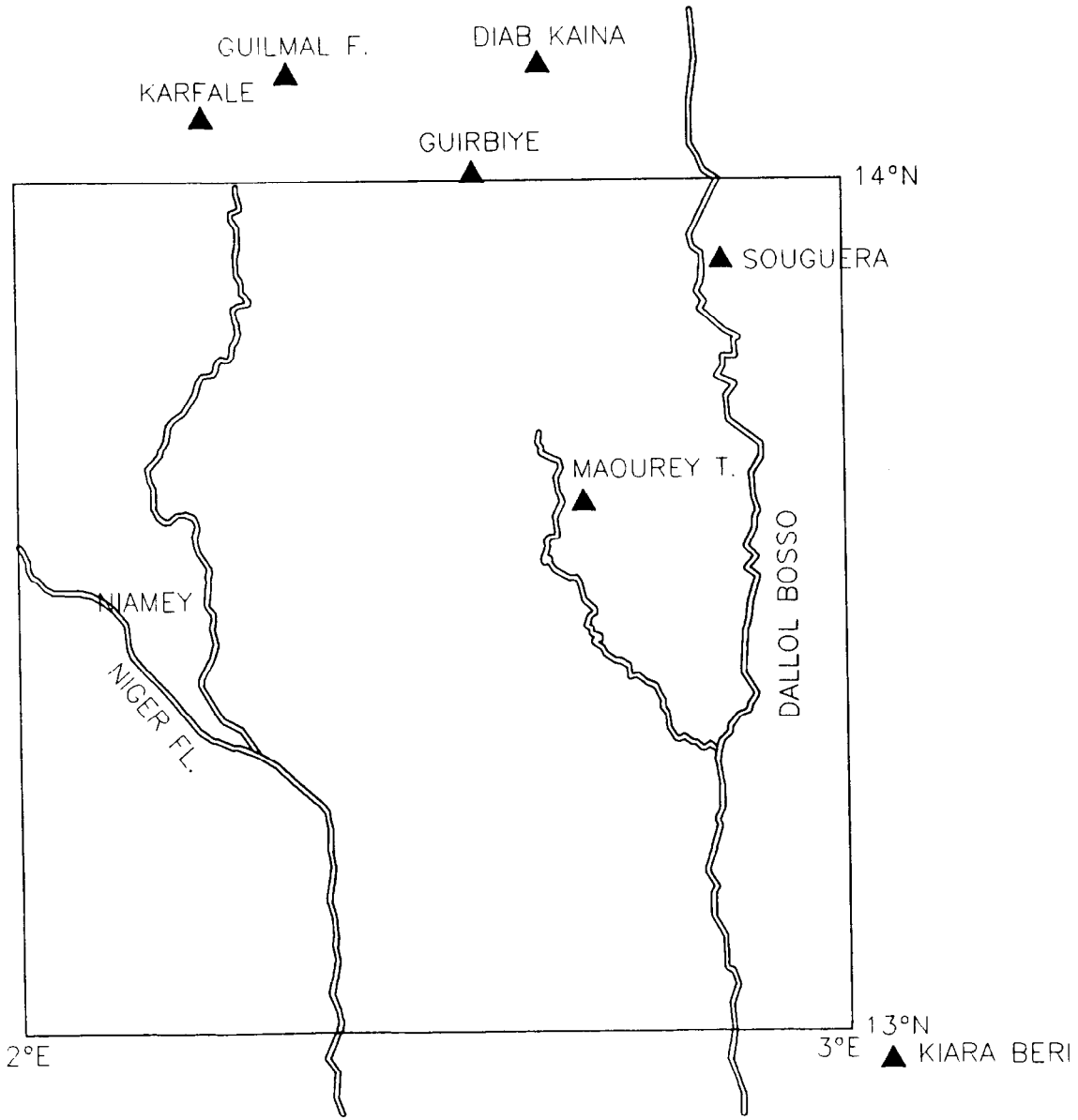
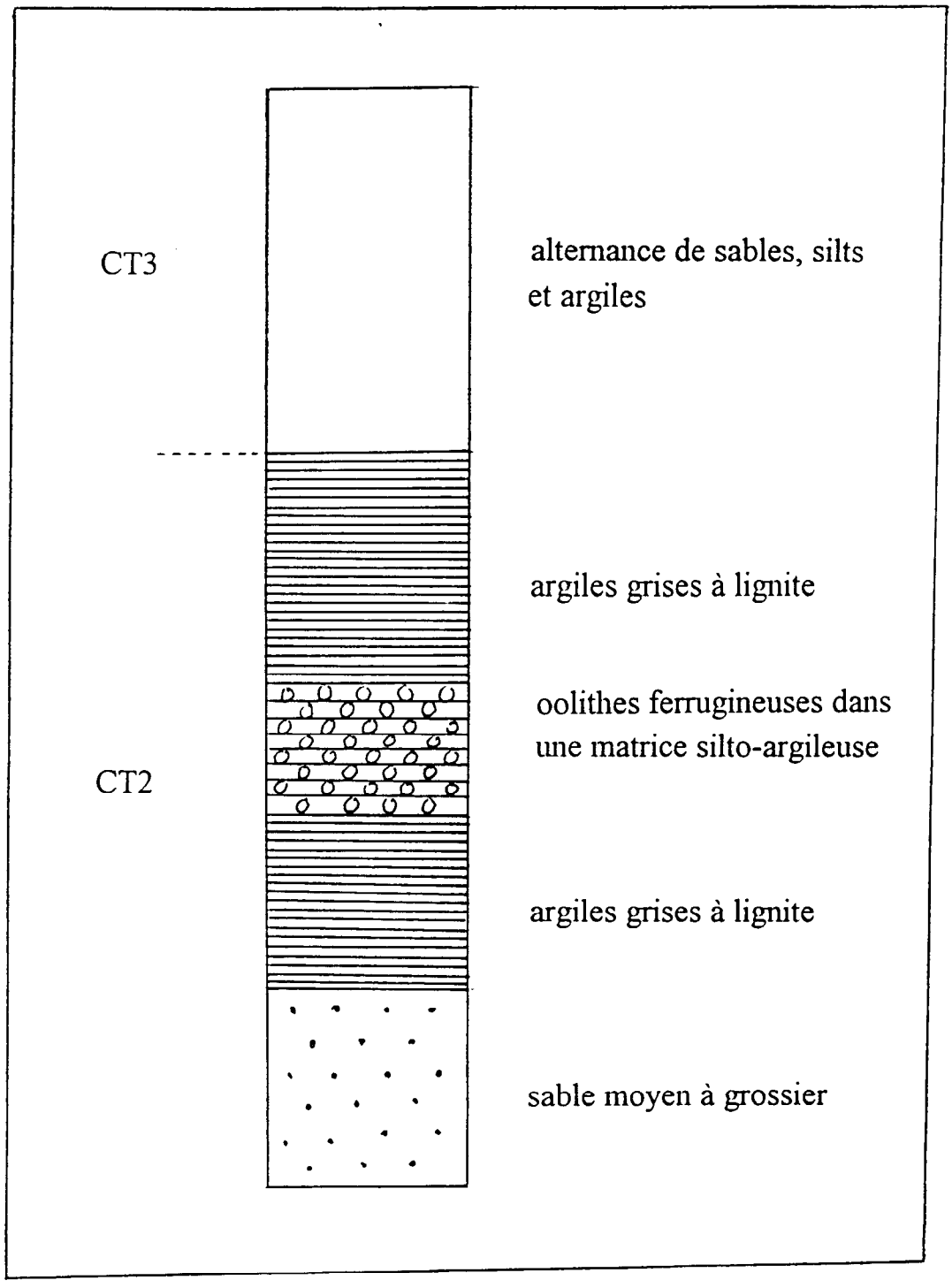


FIG. 11 : SERIE GEOLOGIQUE TYPE REINTERPRETER



avec les argiles à lignite situées sous cette base. De plus la critique de cette limite est renforcée par le fait que les argiles constituant le toit et le mur des oolithes sont souvent décrites sans aucune distinction (*argile grise*) sauf la présence de lignite dans les argiles du mur et cette lignite n'est pas toujours présente. Ceci est normal car les niveaux à lignite sont constitués de petites lentilles, il est possible de passer à côté lors d'un forage.

En d'autres termes la distinction entre les argiles du toit et du mur par la description des coupes est ambiguë. On aurait plutôt tendance à croire qu'elles appartiennent à la même formation avec un niveau oolithique intercalé (fig.11). Il faudrait aller sur le terrain pour vérifier si une distinction est possible, ce que n'a pas fait Abdoulkarimou puisqu'il a basé sont travail sur les mêmes coupes que nous utilisons.

En conclusion, les oolithes observées dans le degré carré de Niamey constituent un seul niveau et correspondent à un épisode sédimentaire unique. Cependant, il existe des zones où ce niveau est absent ou présent sous forme de trace. Ainsi on peut définir 4 types de zones (fig. 9) :

1-une zone où les oolithes sont aquifères qui s'étant principalement au centre et au nord-ouest,

2-deux zones où les oolithes sont absentes : une importante au nord-est comprise en gros entre les degré 13,7-14°N et 2,3°-2,8°E, l'autre au sud-est entre 13°- 13,1°N et 2,6°-2,9°E,

3-deux autres zones où l'absence d'oolithes est soupçonnée mais non certaine : une à l'ouest entre 13,35°-13.55°N et 2,2°-2,5°E, l'autre à l'est à peu près entre les mêmes latitudes et 2.72°E et la bordure du Dallol.

4-la dernière au nord au delà du parallèle 13.9 où les oolithes sont soit absentes soit non aquifères.

1-2 Caractéristiques de l'aquifère

1-2-1 Géométrie de l'aquifère

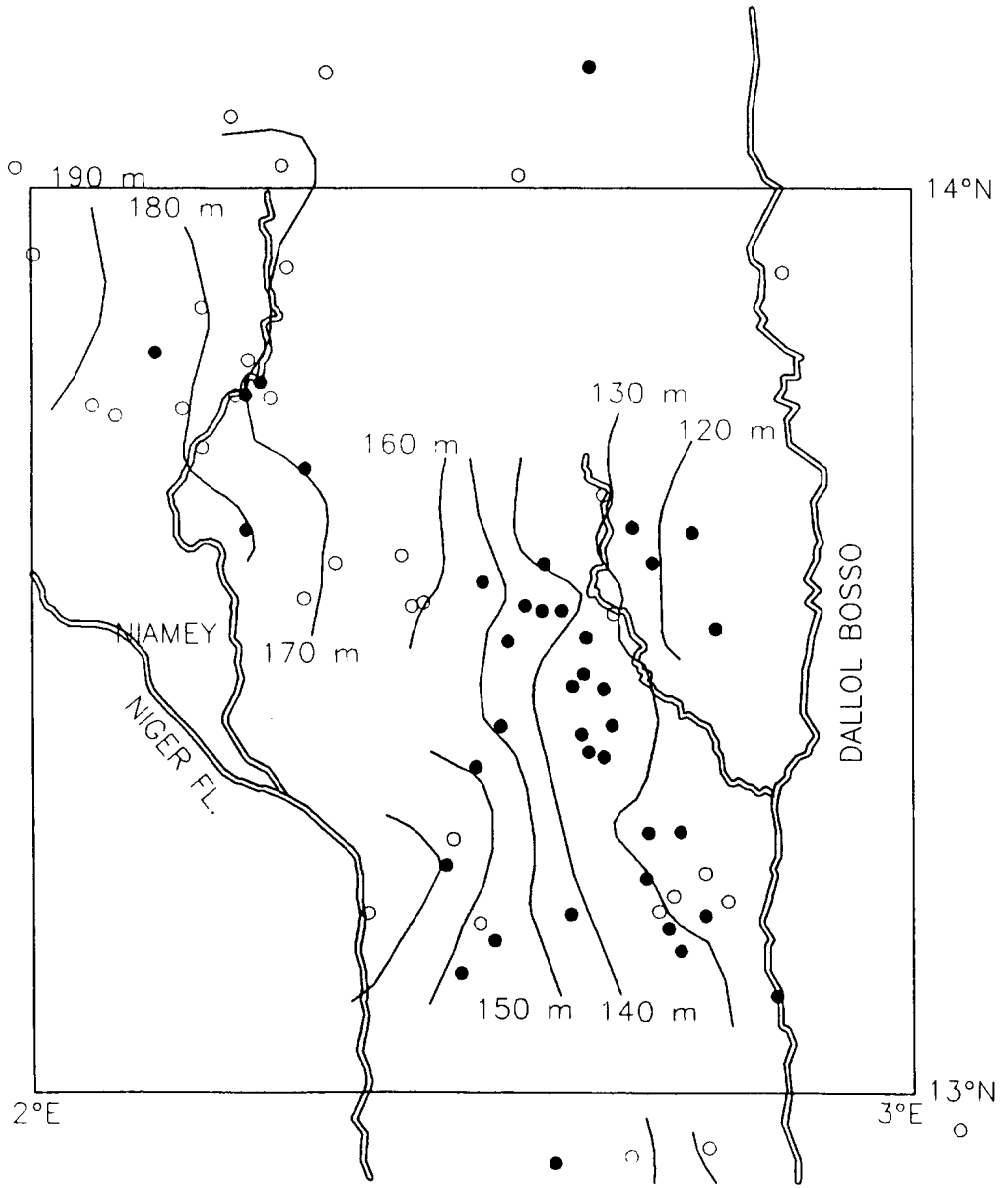
1-2-1-1 Le toit et le mur

Le toit et le mur sont composés d'argiles grises pouvant contenir de la lignite. Les isobathes ont une direction à peu près nord-sud (fig. 8). Le toit décroît vers l'est. La pente s'accentue toutefois à partir du méridien 2,7°. Elle est d'environ 8.10^{-4} à l'ouest et $1,25.10^{-3}$ à l'est.

On observe à peu près la même géométrie pour le mur (fig. 12)

1-2-1-2 Epaisseur

FIG.12 : BASE DES OOLITHES



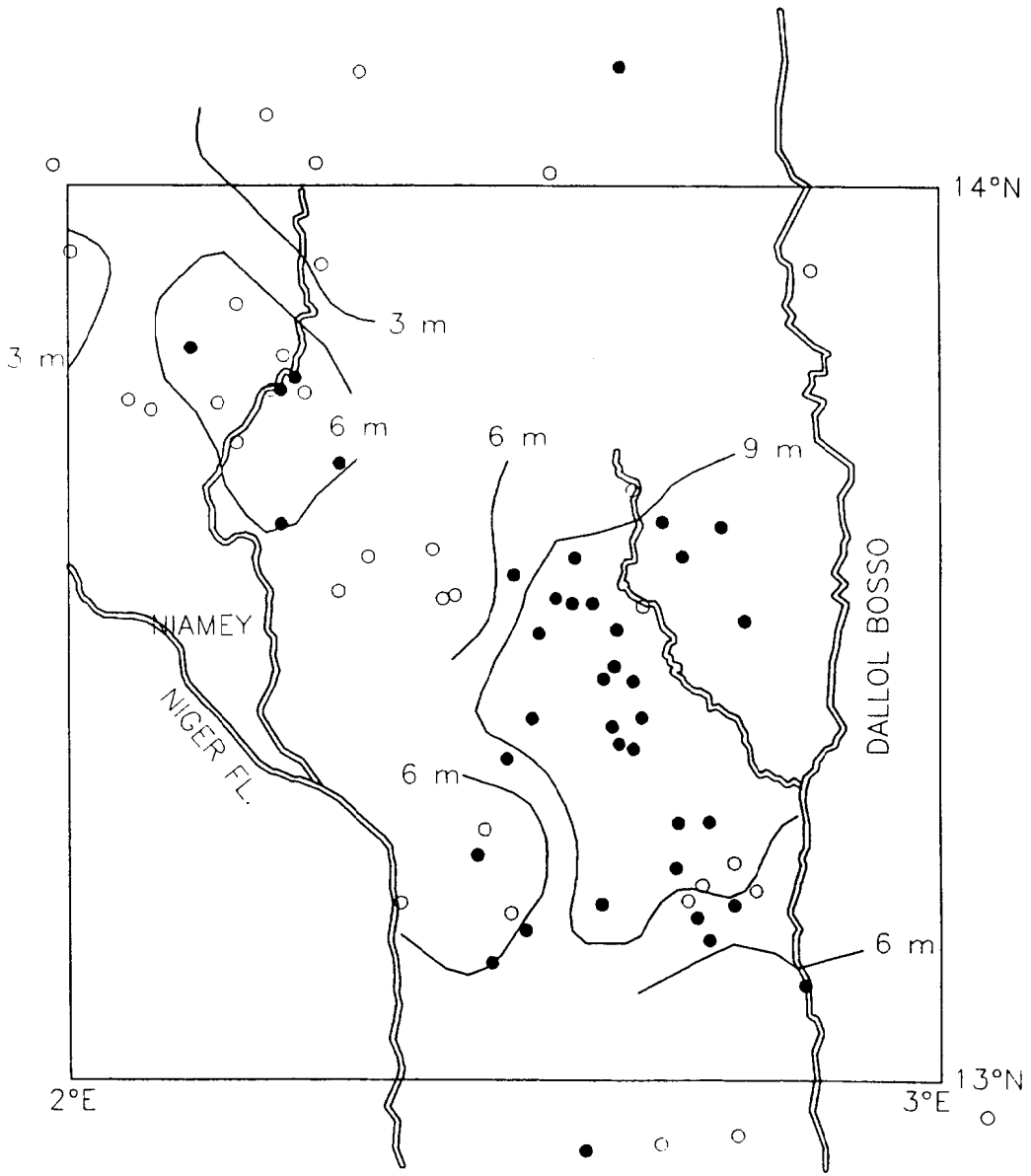
o oolithes non captées

• oolithes captées

Km

0 20 40

FIG.13 : EPAISSEUR DES OOLITHES



o oolithes non captée

• oolithes captées

Km

0 20 40

L' épaisseur peut varier de 1 à plus de 12 m. De manière générale elle décroît en allant vers l'ouest (fig. 13). Deux zones d'épaississement sont observables :

-une à l'est, où l'épaisseur varie de 9 et 12 m. Il est à noter que certains points peuvent dépasser 12 m mais leur épaisseur exacte ne peut être déterminée car les forages ne descendent pas assez profonds.
-l'autre au nord-ouest, l'épaisseur peut y atteindre 8 m.

1-2-2 Piézométrie de la nappe

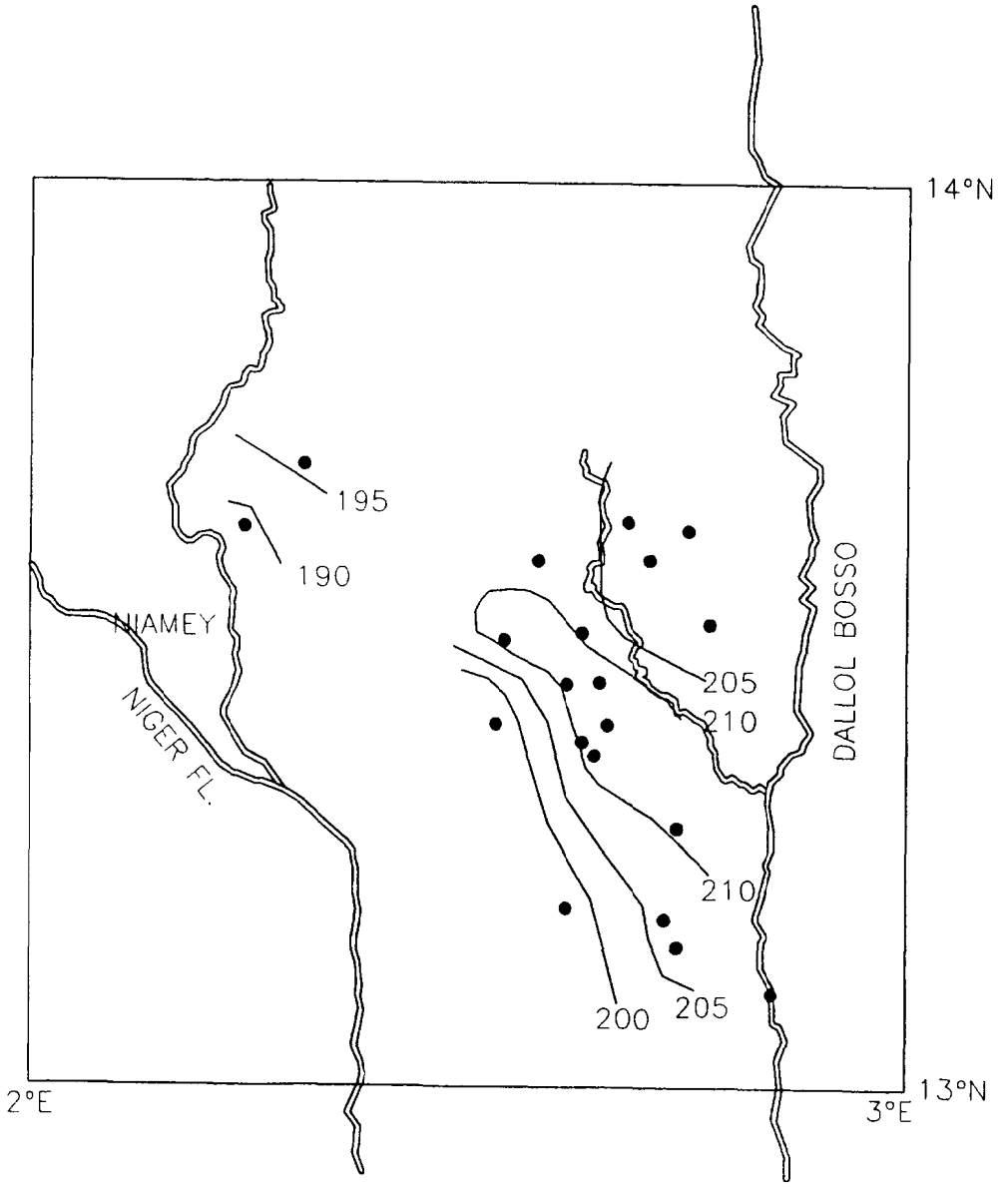
La carte piézométrique des oolithes a été établie d'après les niveaux statiques relatif à la surface du sol relevés dans nos coupes. Or, les forages dont les coupes sont issues ont été faits sur une période de temps comprise entre 82 et 88. Aussi, pour être certain de la validité des carte isohypse, il fallait savoir si cette nappe n'était pas touché par les variations saisonnières ou inter annuelles. Le Gall La Salle (1992) a fait des datations au carbone 14 des deux aquifères profonds du Continental Terminal dans la région. Un seul point a été prélevé pour les oolithes mais a fourni un âge au alentour de 24 000 ans. Cette nappe fossile est indépendantes des variations naturelles. De plus, il n' ya pas de pompage important. Hormis les erreurs d'estimation d'altitude, les cartes piézométriques peuvent donc fournir des résultats significatifs.

En dépit du peu de points utilisables, il apparaît, du moins dans la partie sud-est, un écoulement d'est en ouest (fig.14). Une petite crête est observée sur la diagonale du degré carré. Cependant elle n'a été tracés que par la seule présence de quelques points se situant en dessous de 205 dans le secteur.

2-ETUDE DE L'AQUIFERE DES SABLES INFERIEURS

Dans l'étude des *Nappes du Continental Terminal du synclinal de Dogondoutchi,* Greigert (1979) signalait la présence d'un troisième aquifère profond qu'il nommait sables inférieurs. Il donnait ces sables comme appartenant au CT1 à l'est du synclinal et se contenter de signaler la présence d'autres sables à faciès différent (sables grossiers et lavés) dans les régions d'Ouallam et de Niamey pouvant être en continuité avec les premiers. Abdoulkarimou (88) a repéré ce niveau qu'il décrit comme *sable quartzeux et grès moyens à grossiers quartzeux* et qu'il dit appartenir au CT2.

FIG.14 : PIEZOMETRIE DES OOLITHES



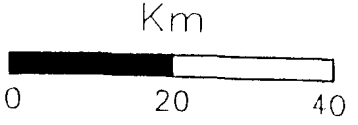
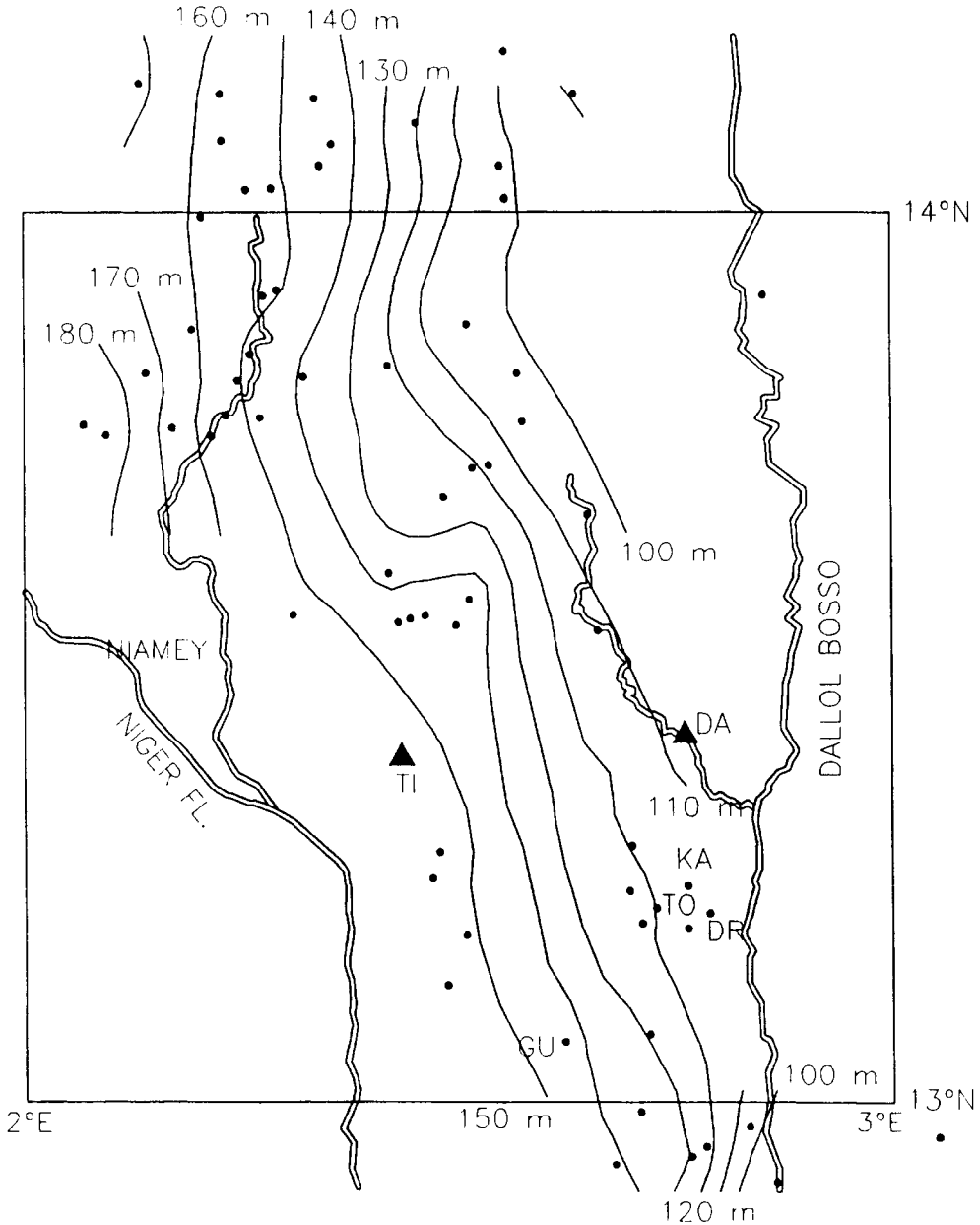


FIG.15 : SOMMET DES SABLES



▲ Argiles sableuses

DA : DANTIANDOU
DR : DROUEL BELLE
GU : GUIDEL
KA : KANARE
TI : TIOU DAWA
TO : TOMBO DJIBO BABA

Km
0 20 40

2-1 Lithologie et continuité de l'aquifère

Reprenant l'étude de ces sables avec nos données, nous avons pris systématiquement pour aquifère ds sables inférieurs, des sables se situant sous un niveau argileux gris à lignite localisé lui même sous un niveau à oolithes ou bien se situant sous un fort niveau d'argiles grises à lignite lorsque les oolithes étaitent absentes. Ainsi nous avons distinguer différents faciès :

type S1-Des *sables moyens à grossiers plus ou moins argileux* très proches du socle ou posés sur les altérites du socle. On ne sait si ces sables font partie intégrante du Continental Terminal ou sont issus de l'altération du socle granitique.

type S2-Des *sables granoclassés, moyens à grossiers vers le bas, blancs et bien lavés*. Ils sont très épais, leur limite inférieure est rarement atteinte. Lorsqu'il est atteint, le mur est composé d'argiles silteuses gris-noires à lignite (Birnin Lafia).

type S3-*Des sables fins à moyens, gris-blancs*, peu épais, intercalés dans des argiles à lignite.

type S4-Des *argiles sableuses grises* qui peuvent être crépinés ou non crépinés.

Malgré l'hétérogénéité de leurs descriptions, ces différents niveaux semblent en continuité (fig. 15). En effet aucune discontinuité majeure n'est repérable en cartographiant le sommet de ces sables.

Toutefois les différents faciès sont repérables dans des régions bien particulières :

type S1-*sables moyens à grossiers plus ou moins argileux*, au nord-ouest (2E-2,3°E et 13.7°N-14.2°N) et sud-est (2,65°E-2.85°E et 12,.9°N-13,2°),

type S2-*sables granoclassés ,de moyens à grossiers vers le bas, blanc et bien lavés, au* nord-est (2,4°E-2,8°E et 13,7°N-14,2°N),

type S3-*sables fins à moyens, gris-blancs, peu épais,* au sud, entre les parallèles 13,1° et 13,3°,

type S4-*argiles sableuses grises,* à Tioudawa et Dantiandou autour du parallèle 13,4°.

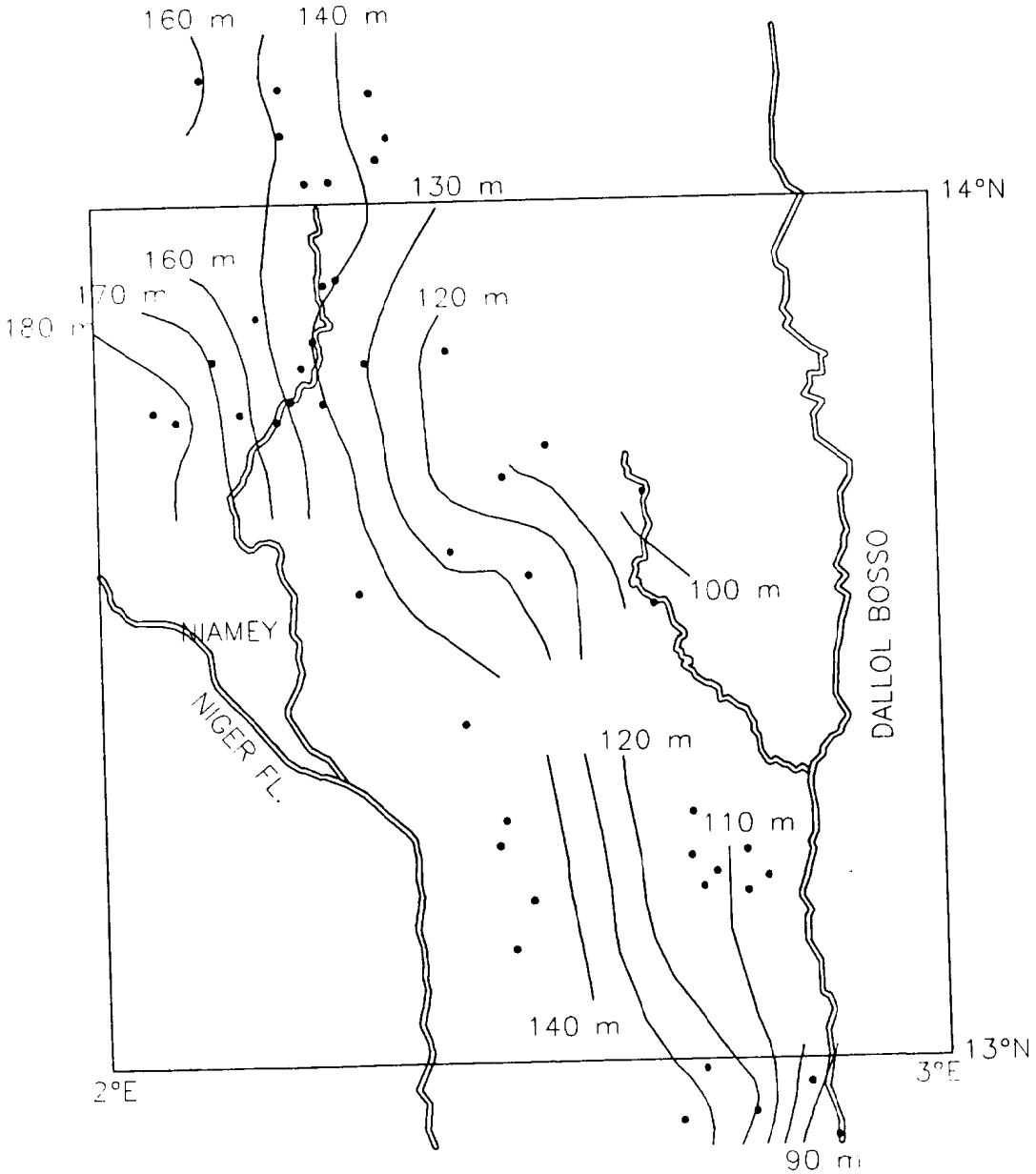
En outre, des points particuliers sont à retenir :

-Guidel et Tombo Djibobaba où on observe des sables fins (type S3) reposant sur des sables (type S1),

-Kanare où des sables argileux crépinés (type S4), de 4 m d'épaisseur, sont disposés 6 m au dessus de sables fins (type S3),

-quelques coupes se situant dans une région comprise entre 2,4°E-2,6°E et 13,6°N-13,8°N contiennent, à une dizaine de mètres au dessus des sables moyens à grossiers, un petit niveau peu épais à sables gris fins ayant été interprété, au départ, comme de petites lentilles

FIG.16 : BASE DES SABLES



Km

0 20 40

Ces particularités laisseraient supposer que nous avons à faire à différents aquifères. Ceci est en contradiction avec la continuité apparente du sommet des sables. Cependant l'épaisseur séparant les 2 formations à Kanare est du même ordre de grandeur que l'incertitude sur les altitudes, ce qui pourrait expliquer une possible confusion.
Mais les observations de Guidel et Tombo Djibobaba si elles mettent en évidence l'existence de niveaux aquifères pouvant être interprétés comme différents montrent aussi qu'il est possible que ces niveaux soient en contact.
Ainsi, dans l'hypothèse où il existerait plusieurs niveaux aquifères, on pourrait penser que l'aquifère des sables inférieurs, serait constitué de plusieurs lentilles en relation.

2-2 Caractéristiques de l'aquifère

2-2-1 Géométrie de l'aquifère

2-2-1-1 Le toit et le mur (fig. 15 et 16)

Le toit est représenté par les argiles grises à lignite. Les isobathes sont dirigées N-NW au sud et se redressent pour devenir N-S au nord. Au centre, on observe une inflexion des isobathes 130 m et 140 m, qui passe localement est-ouest, difficile à interpréter. Toutefois la pente est assez régulière, $1{,}6.10^{-3}$ en moyenne.

Dans l'extrémité sud-est la pente devient d'un coup plus importante. En effet à Fabidji, point le plus au sud sur la limite du Dallol, les sables qui plus à l'ouest reposaient sur le socle se disposent brusquement sur les argiles grises. Par ailleurs, ces argiles ont été forées sur environ 20 m et le socle n'a pas été rencontré. Le socle s'abaisse donc brusquement dans ce secteur, ce qui explique l'augmentation de pente des séries du Continental Terminal qui repose en discordance sur ce socle.

Le mur est constitué soit par les argiles grises à lignite à l'est, soit par le socle sain ou altéré vers l'ouest. On retrouve la même forme des isobathes que pour le toit.

2-2-1-2 Epaisseur (fig.17)

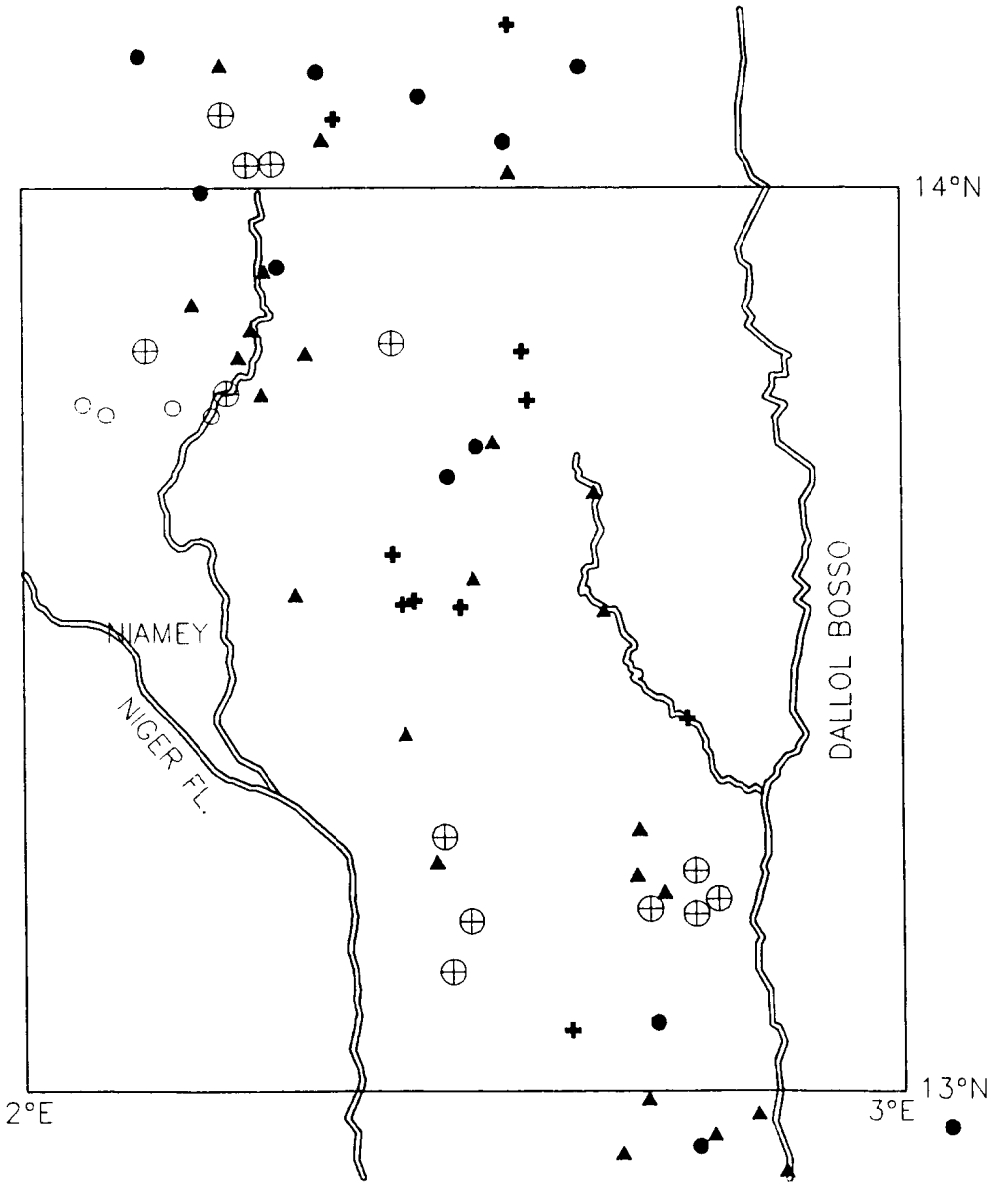
Le traçage des isopaques des sables inférieurs s'est heurté à deux difficultés majeures :

-Les épaisseurs ponctuelles étaient assez hétéroclites. Il était difficile de faire passer des courbes avec objectivité.

-Dans deux régions, au centre et au nord-ouest, bon nombre de coupes ne donnaient pas la base des sables pour définir l'épaisseur exacte. Cependant la profondeur pénétrée donnait une épaisseur minimum qui était importante et signalait un épaississement du niveau sableux.

Ainsi, par soucis de clarté, et dans le but de ne pas perdre des informations, nous avons divisé l'épaisseur en classes que nous avons disposées sur une carte.

FIG.17 : EPAISSEUR DES SABLES

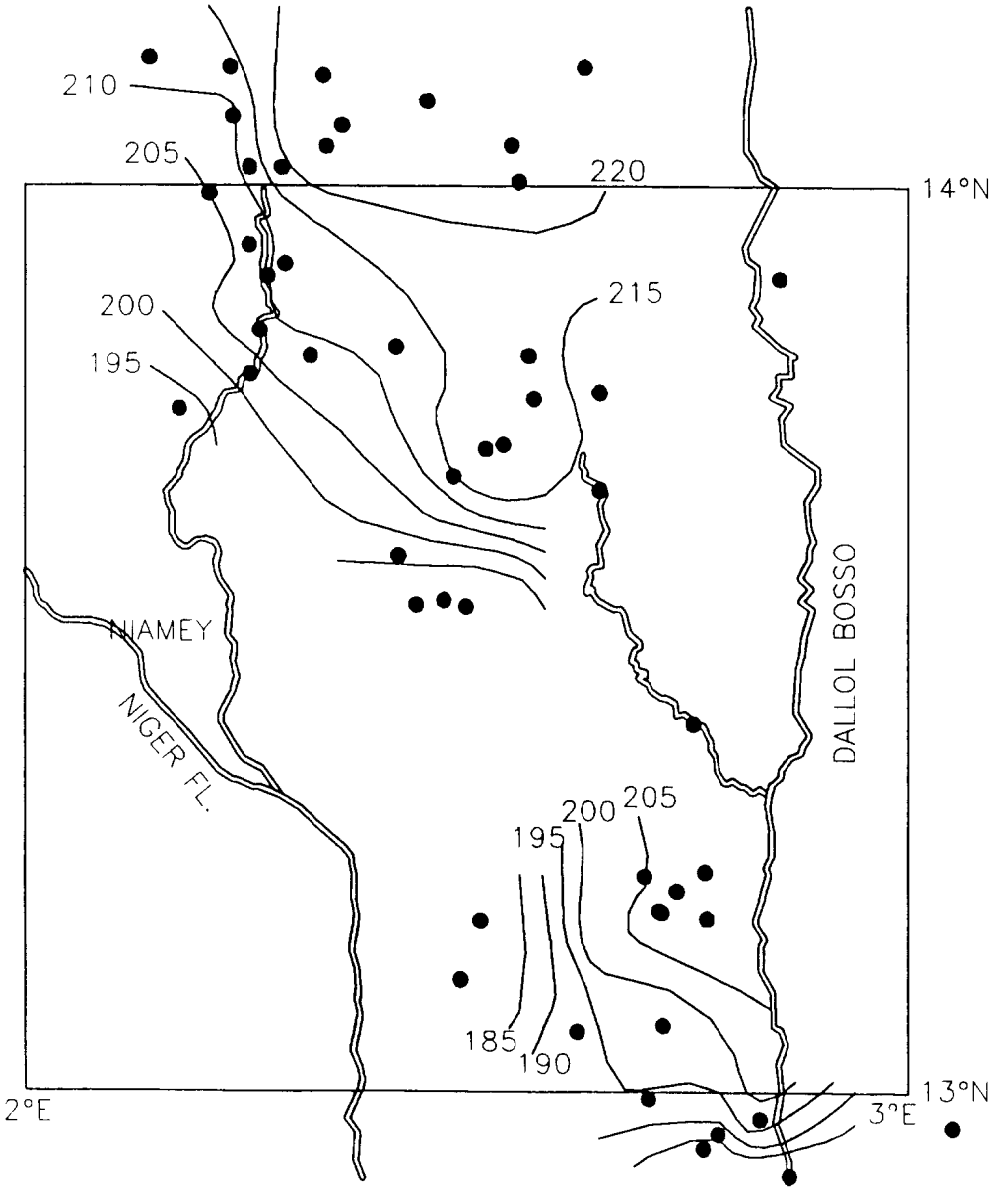


- moins de 3 m
- de 3 à 6 m
- de 6 à 10 m
- de 10 à 15 m
- plus de 15 m

Km

0 20 40

FIG.18 : PIEZOMETRIE DES SABLES



Km

0 20 40

Malgré l'hétérogénéité, on peut observer, comme pour les oolithes un ammincissement général d'est en ouest. L'épaisseur maximum relevée pour les sables dont ont connaît la base est de 11 m. Mais l'épaisseur maximum estimée pour les forages dont on ne connaît pas la base peut aller jusqu'a 20 m. Ces sables peuvent donc être très épais.

2-2-2 Piézométrie de la nappe

Les mêmes remarques que pour les oolithes peuvent être faites sur la validité de la piézométrie . Les eaux des sables inférieurs prélevées en plusieurs points ont donnés un âge supérieur à 30 000 ans.cette dernière Le Gal La Salle (1992). Cette nappe est aussi fossile.

Les écoulements sont légèrement différents de ceux des oolithes (fig.18). On observe un écoulement NE-SW dans le nord devenant nord-sud vers le centre. Au sud-est deux directions d'écoulement sont mises en évidence : une franchement est-ouest ouest, l'autre plutôt nord-sud.

3 LA NAPPE PHRÉATIQUE

La nappe phréatique est le premier élément aquifère reconnu par Greigert (1978). L'aquifère est principalement constitué des formations perméables du CT3. Le CT3 est constitué d'alternance d'une multitude de lentilles argileuses, sableuses et silteuses.

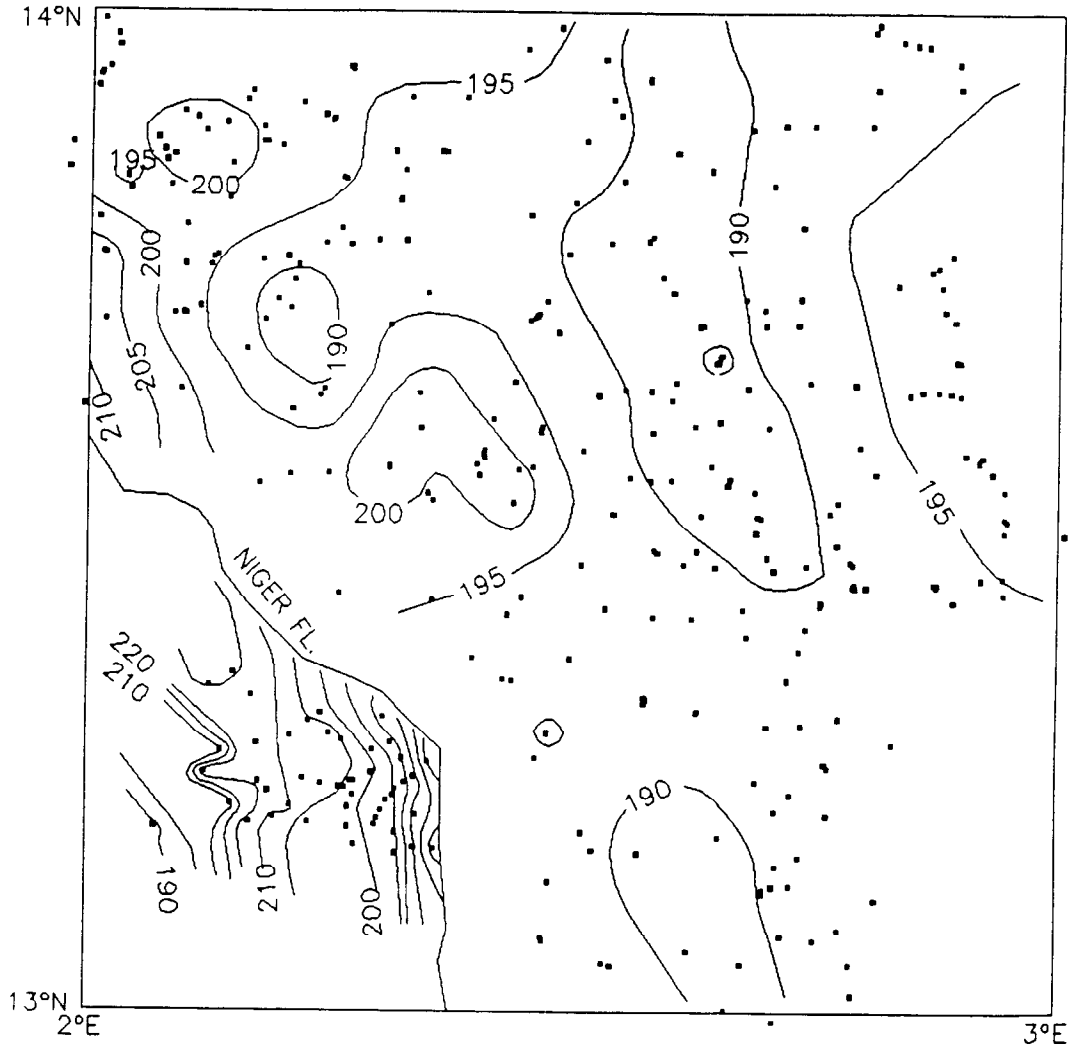
3-1 Géométrie

Pour comprendre les relations entre la nappe et les aquifères profonds du Continental Terminal, il était nécessaire de cartographier le mur de cette dernière. Cependant les différents essais se sont révélés infructueux. Voici en quelques lignes le résumé de nos tentatives. Dans les deux cas, elles ont fourni des données trop hétérogènes pour pouvoir produire une cartographie rigoureuse du mur.

Dans un premier temps, nous avons essayé de cartographier la base de la nappe en prenant systématique pour mur le premier niveaux argileux du CT3 se trouvant avant les argiles grises. Nous nous sommes heurtés à deux types de problèmes :

-l'imprécision des descriptions (v 1^{ére} partie 2-3-2), dont on peut encore donner l'exemple significatif suivant. A Diri Bangou, le premier niveau argileux, entre 14 m et 68 m de profondeur, est décrit comme *argiles silteuses jaune-beige*. Or à quelques mètres, il existe un puits dont le

FIG. 19 : PIEZOMETRIE DE LA NAPPE
(d'après Leduc, septembre 1993)



niveau piezométrique se situe à 45 m. Cette formation qui est donc perméable puisqu'alimentant un puits est décrite comme imperméable.
-ce phénomène est lui même amplifié, par les variations latérales de faciès touchant l'ensemble du CT.

Dans un second temps, nous avons donc essayé de cartographier la base du CT3 en postulant que tout le CT3 pouvait être potentiellement aquifère. Nous avons donc en fait cartographié le sommet des argiles grises en prenant toute argile qui était décrite comme ayant une couleur grisâtre. Ici nous nous sommes heurtés à un autre problème toujours lié à la précision des descriptions. La limite entre les argiles pouvant être rencontrées à la base du CT3 et les argiles grises, est dans bon nombre de coupes mal définie. Par exemple, à Kanda entre 22 et 41 m, on a une formation décrite comme suit : *argile rouge, puis gris-beige et grise* sans que soit précisée la profondeur à laquelle se trouve la limite entre les deux nuances de couleur.

Toutefois, dans cette étude, nous recherchons des indices de possibles relations entre la nappe et les aquifères profonds. Ces relations doivent dépendre fortement de l'épaisseur de terrain imperméable séparant les formations aquifères. Or, d'après les deux tentatives précédentes deux faits ressortent clairement :

-la base du CT3 peut être par endroit argileuse, par endroit limoneuse ou sableuse. Il est difficile de se fier à la description des coupes pour le savoir en toute rigueur. La perméabilité de la base du CT3 est difficile à déterminer.

-Par contre, aucun doute ne subsiste sur l'imperméabilité des argiles grises qui sont définies de façon constante comme argile grise ou argile silteuse grise sans ou avec lignite.

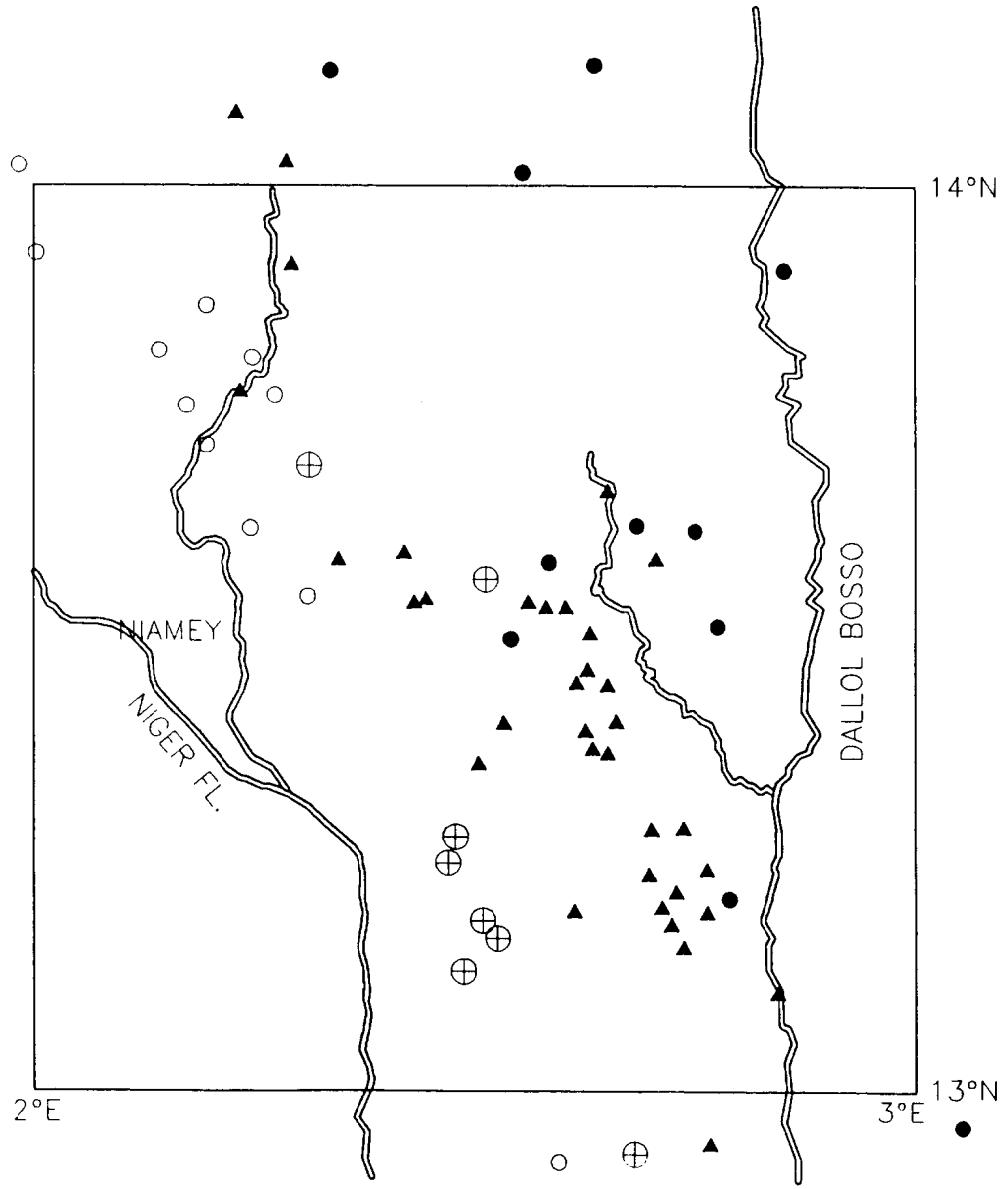
De ce fait, pour avoir une idée de l'évolution générale de l'épaisseur de terrain imperméable séparant la nappe phréatique et les oolithes nous avons cartographié l'épaisseur d'argiles grises se situant au dessus des oolithes. Cependant, nous n'avons pas tracé d'isobathes mais nous avons découpé ces épaisseurs en classes dont on a représenté la distribution géographique (fig. 20). Ceci nous permettant de garder à l'esprit que l'épaisseur de terrain imperméable ainsi déterminée est un minimum.

3-2 Piézométrie de la nappe

La carte piézométrique de la nappe a été établies par Leduc (juin 1996) (fig.19). Elle montre les caractéristiques suivantes :

-L'écoulement général se fait vers le sud.
-une zone d'alimentation importante au nord-ouest,
-une zone d'alimentation de moindre importance au nord-est,
-des dépressions fermées : une au nord-est centrée sur le point 2,25°E et 13,7°N, l'autre allongés dans la direction nord-sud au nord-est où les écoulements semblent convergé sans exutoire possible.

FIG.20 : EPAISSEUR ENTRE NAPPE PHREATIQUE ET OOLITHES



○ moins de 3 m

⊕ de 3 à 6 m

▲ de 6 à 10 m

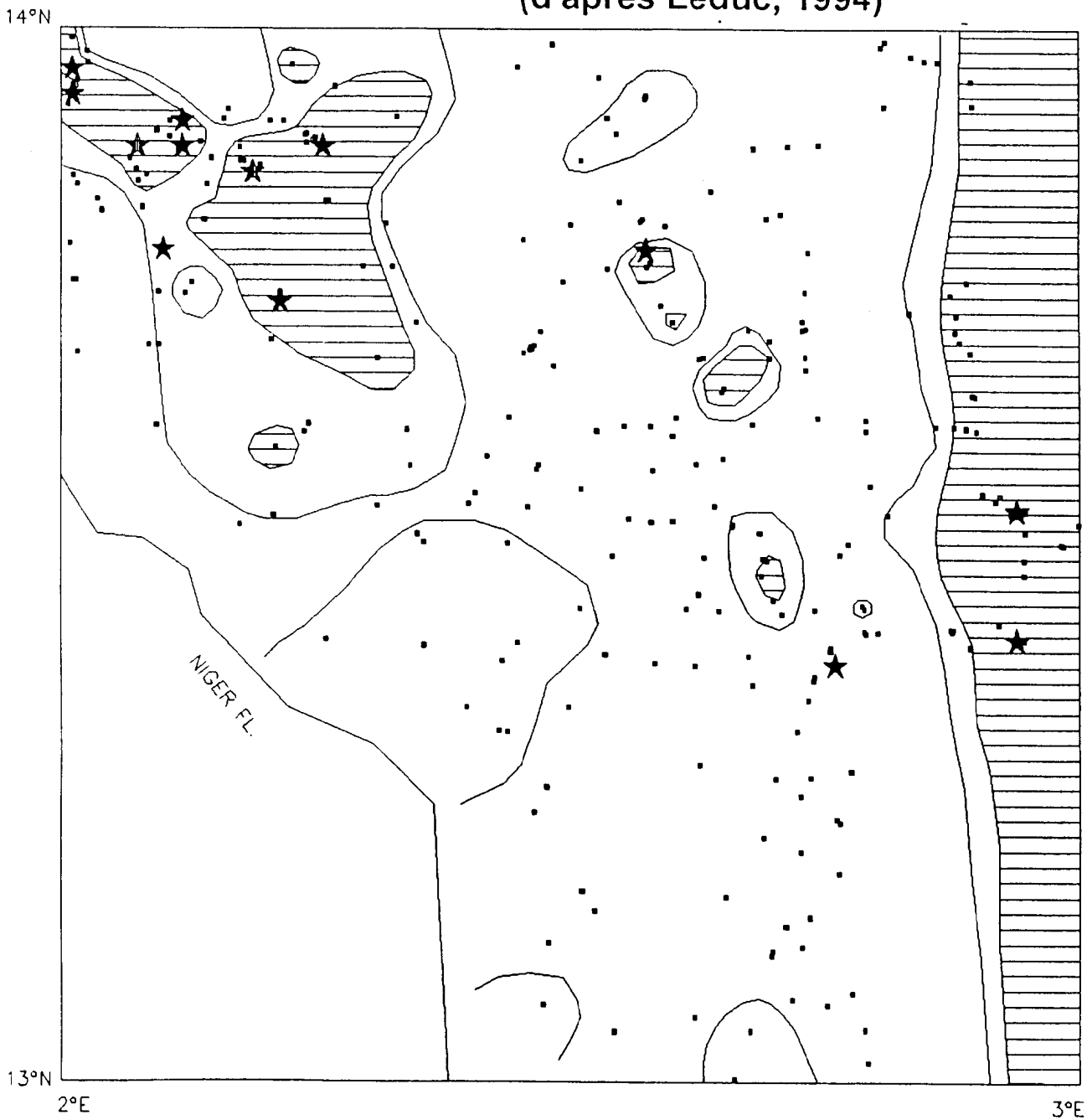
● de 10 à 15 m

Km

0 20 40

FIG. 21 : CARTE DES CONDUCTIVITES

(d'après Leduc, 1994)



Courbes d'isoconductivité : 100

et 200 μS/cm

Les régions hachurées dépassent

200 μS/cm

Les points supérieurs à 1000 μS/cr

sont marqués par une étoile

ORSTOM 1.1.94

4 RELATIONS ENTRE LES AQUIFÈRES

4-1 Relation entre les oolithes ferrugineuses et la nappe phréatique

Les informations produites par notre étude semblent confirmer les hypothèses faites lors des précédents travaux. Leduc (1994) avait constaté une augmentation de la conductivité d'est en ouest (fig. 21, 23 et 24), la conductivité étant systématiquement supérieure à la valeur médiane (130 microsiemens/cm) et la dépassant largement dans bon nombre de points dans la partie nord-ouest. Les fortes minéralisations caractérisant les aquifères profonds du Continental Terminal, ces données soutenaient l'hypothèse émise par Greigert (1978) qui suggérait une possible mise en relation des différentes nappes par amincissement général des séries, et par conséquent des couches imperméables séparant les aquifères à l'ouest du bassin.

Deux faits viennent étayer cette hypothèse :

-La carte des épaisseurs de terrain imperméable séparant les aquifères de la nappe phréatique et des oolithes, montrent bien un amincissement général d'est en ouest (fig. 20).

-le peu de données sur la piézométrie des oolithes montrent un écoulement est-ouest et laissent supposer que le niveau piézométrique des oolithes (fig.14) rejoindrait celui de la nappe à l'ouest (fig.19).

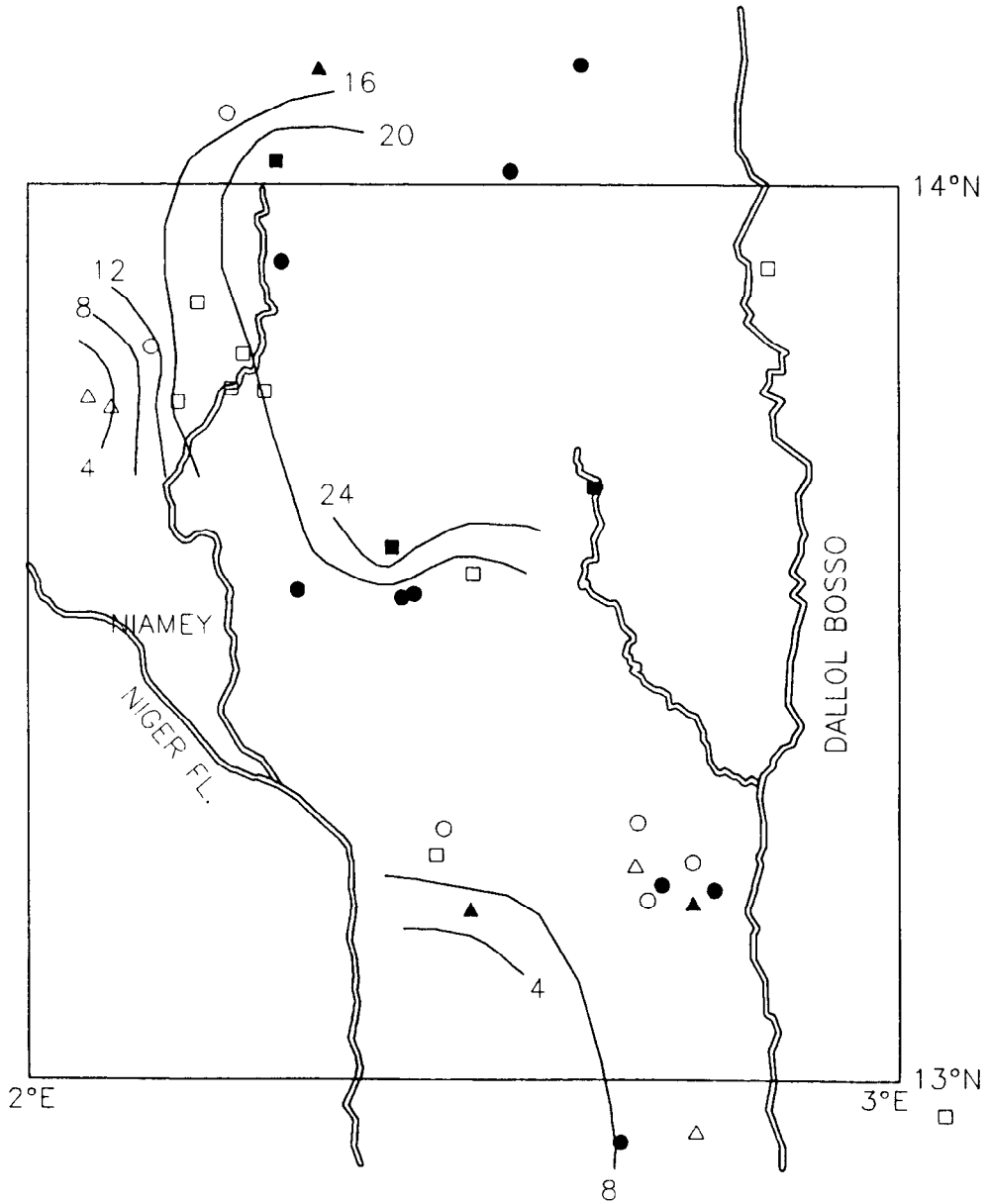
En effet nous manquons de données dans la partie ouest mais les deux seul points connus fournissent des niveaux statiques à environ 190 m et 195 m. De plus dans la partie sud-est, la piézométrie décroît de façon régulière vers l'ouest laissant supposer par prolongement que le niveau statique pourrait atteindre celui de la nappe (190 m) au abord du fleuve.

Toutefois il faut garder à l'esprit que ce dernier fait n'est établi que sur des extrapolations. De plus les deux points cités, se situent dans une zone où la nappe phréatique aurait tendance à être supérieure à 200 m, donc à une côte légèrement plus élevée que celle des sables. S'il yavait échange, ce devrait être de la nappe phréatique vers celle des oolithes. L'hypothèse reste fragile.

4-2 Relation entre les sables et les oolithes

Du point de vue géométrique, on retrouve la même tendance que pour la couche de terrain imperméable séparant les oolithes et la base de la nappe phréatique (fig.22). Un amincissement général est observé d'est en ouest à la seule différence que cet amincissement semble brutal au nord-ouest. L'épaisseur passe d'une dizaine de mètres à deux ou trois mètres sur environ 5 km. De surcroît, un amincissement nord-sud pourrait aussi être mis en évidence.

FIG.22 : EPAISSEUR ENTRE OOLITHES ET SABLES



△ 0 à 4 m

▲ 4 à 8 m

○ 8 à 12 m

● 12 à 16 m

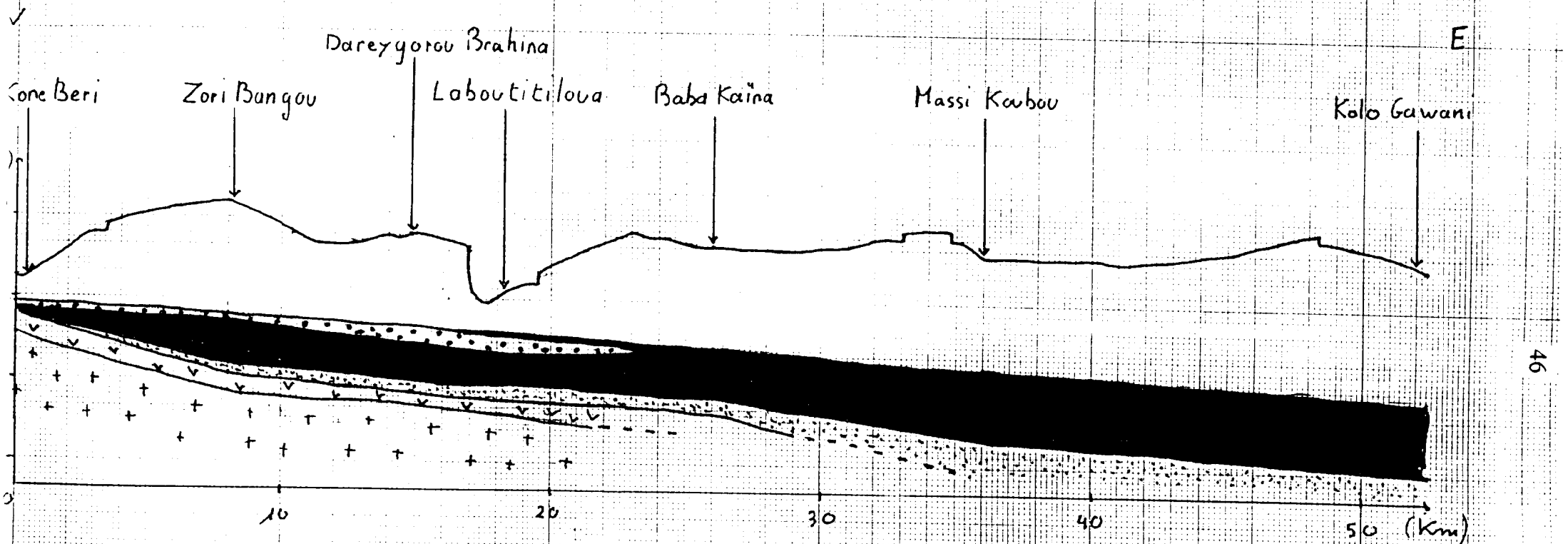
□ 16 à 20 m

■ plus de 20 m

Km

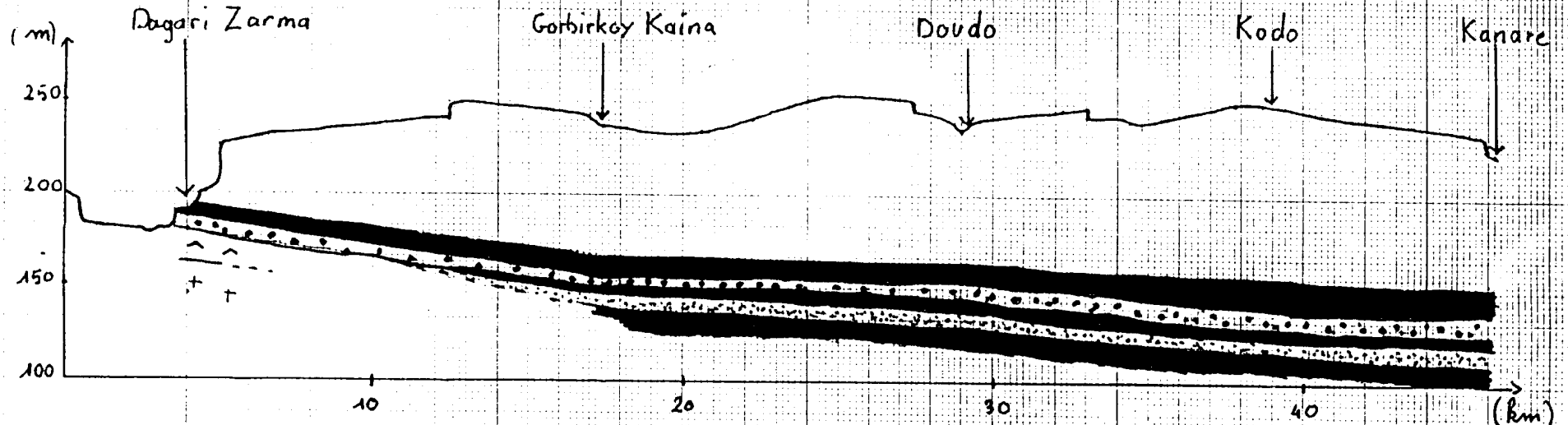
0 20 40

FIG23 : COUPE A



- Argile grise et argile grise à lignite
- CT3 indifférencié
- Oolithes ferrugineuses
- Sables moyens à grossiers
- Altérite du socle
- Socle

FIG 24 : COUPE B



Argile grise et argile grise à lignite

CT3 indifférencié

Oolithes ferrugineuses

Sables moyens à grossiers

Altérite du socle

Socle

Dans les parties où les données se recouvrent, les piézométries des deux nappes semblent assez proches (fig.14 et 18).

Ces faits n'excluent pas une possible relation entre les deux aquifères mais les données sont insuffisantes pour conclure. Il faudrait approfondir la question par une étude plus complète sur les piézométries et par des études hydrochimiques détaillées.

4-3 Relation entre les sables et la nappe phréatique

En comparant les cartes des isohypses des deux nappes, on observe que le niveau piézométrique des sables, étant supérieur à l'est, décroît vers l'ouest jusqu'à un niveau s'approchant de celui de la nappe phréatique (fig.18 et 19). Ceci laisse penser une possible relation entre les deux nappes dans cette région.

CONCLUSION

Un des objectifs premiers de cette étude était la vérification de la continuité des formations aquifères. Ainsi au terme de ce travail nous pouvons affirmer que :

-L'aquifère des sables inférieurs est reconnu sur l'ensemble de la région. Par endroit, il pourrait être formé de deux niveaux, sable fin et sable grossier. Dans cette hypothèse, ces deux niveaux seraient en contact en certains points, ce qui laisserait penser que ces sables forment un aquifère unique. Il serait tout de même bon de reprendre l'étude de ces sables en détail pour confirmer cette hypothèse.

-Les oolithes forment un seul et même niveau. Cependant elles ne sont pas présentes sur l'ensemble de la zone d'étude, en particulier dans la région nord-est. La forte argilisation de leur matrice peut par endroit les rendre impropre à l'exploitation.

-La cartographie de la base de la nappe phréatique reste très difficile du fait de sa constitution. Une étude plus détaillées serait nécessaire pour préciser la géométrie et les relations des différentes formations la constituant. Notamment une cartographie des transmissivités permettrait de mieux suivre les variations latérales de faciès dues à une augmentation de la matrice argileuse. Cependant, la relation entre ces lentilles est montrée par l'homogénéité de la minéralisation des eaux et la continuité des niveaux piézométriques.

La reconstitution de la géométrie montre sur l'ensemble du Continental Terminal :

-D'après les estimations, les pendages des séries sont assez faibles et la tendance générale est un abaissement d'ouest en est.

-Au vu des coupes et d'après les cartes isopaques, on observe un amincissement des séries d'est en ouest.

Cet amincissement affecte aussi bien les couches perméables qu'imperméables. Ainsi les argiles séparant les formations aquifères peuvent à l'ouest devenir suffisamment minces pour se laisser traverser par des fluides ou carrément disparaître pour permettre un contact entre deux couches aquifères.

De plus, la piézométrie des niveaux profonds indique un écoulement d'est en ouest. Les niveaux statiques des sables s'ajuste à des niveaux équivalent à ceux de la nappe phréatique dans la partie ouest. On peut soupçonner la même tendance pour les oolithes. Ainsi, au vu de ces données, on peut émettre l'hypothèse que les différentes nappes peuvent être en contact le long de la bordure ouest du bassin. Cependant il serait nécessaire de confirmer et de connaître ces relations dans le détail en poursuivant ce travail par des études complémentaires. Il faudrait :

-reconstituer des cartes piézométrique des sables inférieurs et des oolithes avec des données plus complètes et à partir de points nivelés (ce qui permettrait de lever l'incertitude sur les altitudes) pour améliorer la connaissance des écoulements et préciser les zones où les niveaux piézométriques sont susceptibles de se confondre,

-essayer de définir une cartographie plus précise du CT3 pour lever l'indétermination sur l'épaisseur d'argile pouvant séparer la nappe phréatique et les oolithes,

-faire une étude hydrochimique détaillée des aquifères profonds pour pouvoir mettre en évidence des phénomènes de mélanges et mieux caractériser les zones de relation entre les différents aquifères.

BIBLIOGRAPHIE

Atlas des ressources en eaux souterraines du Continnental Terminal. 1990, Projet PNUD / OCTD, Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement, Direction des Ressources en Eau, République du Niger.

ABDOULKARIMOU T. (1988) : Détermination géologique des réservoirs du Cntinental Terminal à l'ouest du Dallol Bosso (Niger). DEA, Bordeaux III.

GREIGERT J. (1978) : Les nappes du Continental Terminal du Synclinal de Dogondoutchi. Atlas des eaux souterraines du Niger (Tome 1-Facicule V), BRGM.

LE GAL LA SALLE C. (1992) : Circulation des eaux souterraines dans l'aquifère captif du Continental Terminal - Bassin des Iullemeden, Niger - Méthodologie et application : isotopes stables de la molécule d'eau, carbone-14, chlore-36, uranium et gaz nobles. Thèse, Paris XI.

L'HOTE et MAHE (1996) : Afrique de l'Ouest et Centrale, précipitations moyennes et annuelles (période 1951-1989), ORSTOM.

TAUPIN J.D. (1990) : Evaluation isotopique de l'évaporation en zone non saturée sous climat sahélien, et évolution géochimique des solutions du sol (Vallée du Moyen Niger). Thèse, Orsay.

ANNEXE

Enreg. N°	vil	village	xlon	ylat	lon	lat
1	BAB	BABANGATA	2.24.10	12.57.00	2.4028	12.9500
2	BAB	BABA_KAINA_K.	2.19.20	13.48.45	2.3222	13.8125
3	BAB	BABOUSSAY_3	2.37.30	13.23.40	2.6250	13.3944
4	BAK	BAKOMAKA	2.20.30	14.03.00	2.3417	14.0500
5	BAN	BANE BERY	1.59.00	14.01.20	1.9833	14.0222
6	BAN	BANI_BANGOU	2.35.35	12.55.18	2.5931	12.9217
7	BAN	BANKADEY	2.36.12	13.31.50	2.6033	13.5306
8	BAR	BARKIAWAL_BERI	2.18.35	13.32.40	2.3097	13.5444
9	BIR	BIRNIEL	2.51.40	12.56.10	2.8611	12.9361
10	BIR	BIRNI_KOBERI_1	2.29.00	13.40.40	2.4833	13.6778
11	BIR	BIRNI_N'LAFIA	2.32.10	13.42.50	2.5361	13.7139
12	BOB	BOBAL_1	2.34.10	14.04.40	2.5694	14.0778
13	DRO	DROUEL_BELLE	2.47.20	13.12.40	2.7889	13.2111
14	BOK	BOKTILI_2	2.25.50	13.32.10	2.4306	13.5361
15	BOK	BOKTILI_3	2.42.00	13.17.10	2.7000	13.2861
16	BOU	BOULA_K.TEGUI2	2.47.35	13.20.15	2.7931	13.3375
17	BOU	BOULKORDJI_ZARM	2.50.10	13.12.30	2.8361	13.2083
18	DAG	DAGARI_ZARMA	2.22.50	13.11.50	2.3806	13.1972
19	DAN	DANDALA	2.38.00	13.22.30	2.6333	13.3750
20	DAN	DANKOUKOU	2.49.50	14.02.50	2.8306	14.0472
21	DAN	DANTIANDOU_ARTE	2.45.20	13.24.40	2.7556	13.4111
22	DAR	DAREY	2.45.00	13.37.00	2.7500	13.6167
23	DAR	DAREYGOROU_BRAH	2.14.00	13.46.10	2.2333	13.7694
24	DEL	DELITONDIATOUK.	2.12.20	13.59.40	2.2056	13.9944
25	DEY	DEY_TEGUI_2	2.18.40	13.41.15	2.3111	13.6875
26	DEY	DEY_TEGUI_AMADO	2.47.00	12.57.40	2.7833	12.9500
27	DEY	DEY_TEGUI_GOROU	2.39.00	13.22.10	2.6500	13.3694
28	DIA	DIAB_BERI	2.39.20	14.08.50	2.6556	14.1472
29	DIA	DIAB_KAINA	2.38.10	14.08.00	2.6361	14.1333
30	DIA	DIANTEGA	2.42.40	13.09.10	2.7111	13.1528
31	DIA	DIAWANDO	2.43.40	13.07.40	2.7278	13.1278
32	DIK	DIKORE	2.28.10	13.15.00	2.4694	13.2500
33	DIN	DINGAZI_BANDA3	2.33.20	14.10.50	2.5556	14.1806
34	DIR	DIRI_BANGOU	2.32.00	13.24.10	2.5333	13.4028
35	DOL	DOLOHI	2.36.55	13.26.50	2.6153	13.4472
36	DOU	DOUALAGA_PEULH	2.50.40	12.58.40	2.8444	12.9778
37	DOU	DOUALAGA_ZARM1	2.51.30	13.00.40	2.8583	13.0111
38	DOU	DOUDO	2.36.45	13.11.45	2.6125	13.1958
39	DRO	DROUEL	2.47.10	13.13.10	2.7861	13.2194
40	FAB	FABIDJI_2	2.51.50	12.54.35	2.8639	12.9097
41	FAD	FADA	2.13.00	13.44.45	2.2167	13.7458
42	FAL	FALINKE_BERI	2.27.42	13.32.38	2.4617	13.5439
43	FAL	FALINKE_KAINA	2.26.40	13.32.25	2.4444	13.5403
44	FAN	FANDOUBERI	2.33.40	13.32.10	2.5611	13.5361
45	FET	FETOKADIE_1	2.37.40	13.27.40	2.6278	13.4611
46	GAD	GADO_KOUARA	2.27.10	14.06.00	2.4528	14.1000
47	GAM	GAMDEY	2.44.10	13.17.15	2.7361	13.2875
48	GAR	GARDAMA_K.2	2.15.40	13.50.20	2.2611	13.8389
49	GAR	GAROU_ZARMA	2.56.10	13.08.50	2.9361	13.1472
50	GAS	GASSAN_KOURNIE	2.32.30	13.29.50	2.5417	13.4972
51	GIR	GIRBIYE	2.33.20	14.00.50	2.5556	14.0139
52	GOB	GOBERI_PEULH	2.50.00	12.58.20	2.8333	12.9722
53	GOB	GOBIRKOY_KAINA	2.30.30	13.11.10	2.5083	13.1861
54	GOM	GOMBEWA	2.29.10	13.07.50	2.4861	13.1306
55	GON	GONGATOREY	3.04.10	13.11.10	3.0694	13.1861
56	GON	GONOUBI	2.47.10	13.07.30	2.7861	13.1250
57	GOR	GOROU_YENA	2.47.25	13.38.50	2.7903	13.6472
58	GOU	GOUNOU_BANGOU1	2.08.30	13.49.00	2.1417	13.8167

59	GOU	GOUNTI_KOUARA	2.29.50	13.32.00	2.4972	13.5333
60	GUI	GUIAOUDIRE	2.43.10	13.04.30	2.7194	13.0750
61	GUI	GUIDEL	2.37.20	13.04.00	2.6222	13.0667
62	GUI	GUILLARE_ZARMA	2.50.20	13.07.30	2.8389	13.1250
63	GUI	GUILMAL FANDOU	2.20.10	14.07.40	2.3361	14.1278
64	HAM	HAMA_DANDI	2.22.40	13.02.00	2.3778	13.0333
65	HAN	HANIKIRE	2.22.20	12.58.40	2.3722	12.9778
66	HAR	HARIKANASSOU	2.50.40	13.15.35	2.8444	13.2597
67	IRA	IRA	2.46.00	12.55.10	2.7667	12.9389
68	KAH	KAHLEN_GOROU	2.09.50	13.50.45	2.1639	13.8458
69	KAL	KALASSI_2	2.34.50	13.31.50	2.5806	13.5306
70	KAM	KAMPA_PEULH	2.39.35	13.24.15	2.6597	13.4042
71	KAM	KAMPA_ZARMA	2.39.00	13.26.40	2.6500	13.4444
72	KAN	KANARE	2.45.50	13.14.30	2.7639	13.2417
73	KAN	KANDA	2.13.40	14.08.00	2.2278	14.1333
74	KAO	KAOURA	2.15.25	14.01.25	2.2569	14.0236
75	KAR	KARA	2.56.10	13.01.00	2.9361	13.0167
76	KAR	KARABEDJI	2.30.40	13.16.19	2.5111	13.2719
77	KAR	KARFALE	2.13.45	14.04.45	2.2292	14.0792
78	KEY	KEYAN_ZARMA_2	2.25.10	13.35.30	2.4194	13.5917
79	KIA	KIARA_BERI	3.03.10	12.57.40	3.0528	12.9611
80	KOB	KOBODEY	2.31.30	13.10.00	2.5250	13.1667
81	KOD	KODEY	2.50.40	13.22.40	2.8444	13.3778
82	KOD	KODJIRI_BANI_K.	2.30.45	13.33.45	2.5125	13.5625
83	KOD	KODO_1	2.41.50	13.14.10	2.6972	13.2361
84	KOF	KOFO	2.44.10	13.09.20	2.7361	13.1556
85	KOK	KOKOUAREYPEUL1	2.26.00	13.23.30	2.4333	13.3917
86	KOL	KOLO_BOSSEY_A	2.34.30	13.45.45	2.5750	13.7625
87	KOL	KOLO_GAWANI	2.34.10	13.49.00	2.5694	13.8167
88	KOM	KOMAKOUKOU	2.37.50	13.00.05	2.6306	13.5013
89	KON	KONE BERI	2.05.45	13.44.50	2.0958	13.7472
90	KON	KONE BERI	2.04.10	13.45.30	2.0694	13.7583
91	KOU	KOUDOU_GANDE	2.50.40	13.06.20	2.8444	13.1056
92	KOU	KOUNAM	2.17.10	14.01.30	2.2861	14.0250
93	KOU	KOURE_1	2.34.35	13.18.45	2.5764	13.3125
94	KOU	KOURFARE	2.56.45	13.00.10	2.9458	13.0028
95	LAB	LABOUTITILOUA1	2.15.40	13.47.00	2.2611	13.7833
96	LAW	LAWEY	2.11.40	13.42.40	2.1944	13.7111
97	LOG	LOGA	2.34.50	13.46.35	2.5806	13.7764
98	LOU	LOUGA_2	2.20.40	13.35.00	2.3444	13.5833
99	MAD	MADINA	2.43.20	13.10.50	2.7222	13.1806
100	MAO	MAOUREY_TOKOBIN	2.41.00	13.37.20	2.6833	13.6222
101	MAR	MARE_KIRE	2.31.00	13.42.40	2.5167	13.7111
102	MAR	MARGOU	2.51.20	13.06.20	2.8556	13.1056
103	MAR	MAROUBERI_TEGUI	2.42.00	13.07.20	2.7000	13.1222
104	MAR	MAROUBERI_ZENO	2.42.50	13.09.00	2.7139	13.1500
105	MAS	MASSI_KOUBOU	2.25.10	13.49.30	2.4194	13.8250
106	NAZ	NAZEY	2.30.40	13.52.20	2.5111	13.8722
107	NGO	NGOUNGA	2.49.40	13.10.50	2.8278	13.1806
108	NIO	NIOUMEY_KAGOURO	2.49.50	13.09.40	2.8306	13.1611
109	OUL	OULEY	2.47.50	13.03.40	2.7972	13.0611
110	OUR	OURA_TONDI_2	2.27.20	13.47.50	2.4556	13.7972
111	SAB	SABON GARI	2.00.10	13.55.30	2.0028	13.9250
112	SAB	SABOUDEY	2.35.00	13.34.55	2.5833	13.5819
113	SAK	SAKEY_K.TEGUI	2.28.40	13.16.40	2.4778	13.2778
114	SAK	SAKEY_K.ZENO_2	2.28.40	13.16.45	2.4778	13.2792
115	SAM	SAMADEY	2.42.20	13.35.00	2.7056	13.5833
116	SAM	SAMANDI	2.40.45	12.55.45	2.6792	12.9292
117	SAM	SAMARI MAISOSSO	2.15.00	13.56.00	2.2500	13.9333
118	SEF	SEFO	2.14.50	13.48.30	2.2472	13.8083

119	SIM	SIMIRI	2.08.05	14.08.45	2.1347	14.1458
120	SIN	SINSAN_ MAOUREY	2.18.50	13.54.50	2.3139	13.9139
121	SIN	SINSAN_ SEGUE	2.17.30	13.54.40	2.2917	13.9111
122	SIS	SISAN_MAOUREY	2.16.35	13.54.15	2.2764	13.9042
123	SOU	SOUGUERA	2.51.10	13.54.20	2.8528	13.9056
124	SOU	SOUNGA_BERI	2.24.30	12.59.30	2.4083	12.9917
125	SOU	SOURGOUROU_3	2.41.00	13.22.30	2.6833	13.3750
126	TAD	TADE_KOUARA	3.00.00	13.00.00	3.0000	13.0000
127	TAM	TAMKALA_GORKO	2.51.10	13.04.05	2.8528	13.0681
128	TAN	TANA_BERI_2	2.32.30	13.02.45	2.5417	13.0458
129	TAN	TANA_KAINA	2.31.30	13.03.50	2.5250	13.0639
130	TAN	TANGA_KOUARA	2.33.00	14.03.00	2.5500	14.0500
131	TIG	TIGO_TEGUI	2.46.35	13.30.40	2.7764	13.5111
132	TIO	TIOUDAWA_1	2.30.15	13.21.30	2.5042	13.3583
133	TIR	TIRA_FERI	2.24.00	12.56.40	2.4000	12.9444
134	TOL	TOLLO_2	2.43.30	13.20.00	2.7250	13.3333
135	TOM	TOMBO_DARESSALA	2.42.40	13.12.00	2.7111	13.2000
136	TOM	TOMBO_DJIBOBABA	2.43.40	13.13.00	2.7278	13.2167
137	TON	TONDIFOU	2.28.30	13.04.20	2.4750	13.0722
138	TON	TONDI_GAMEY_B2	2.16.20	13.46.00	2.2722	13.7667
139	TON	TONDO_2	2.42.30	12.59.20	2.7083	12.9889
140	TOU	TOUDOU	2.39.10	13.10.40	2.6528	13.1778
141	TOU	TOULIEL	2.44.35	13.22.45	2.7431	13.3792
142	TOU	TOULOUEY	2.24.45	13.02.00	2.4125	13.0333
143	TYE	TYENA	2.21.20	14.04.30	2.3556	14.0750
144	WAR	WARI	2.14.40	13.37.10	2.2444	13.6194
145	WIN	WINDE_KAINA	2.27.50	13.19.20	2.4639	13.3222
146	WIN	WINDE_KORKOY	2.22.20	13.09.35	2.3722	13.1597
147	YED	YEDA	2.45.50	13.11.40	2.7639	13.1944
148	YET	YETE_KOUARA	2.14.40	13.46.10	2.2444	13.7694
149	YOU	YOULOUA	2.37.25	13.32.16	2.6236	13.5378
150	ZAG	ZAGORE	2.00.15	13.14.00	2.0042	13.2333
151	ZIM	ZIMBA	2.11.40	13.52.00	2.1944	13.8667
152	ZOR	ZORI_BANGOU	2.10.20	13.45.18	2.1722	13.7550
153	ZOU	ZOURAGANE	2.32.25	13.46.20	2.6569	13.7722
154	BAN	BANIZOUMBOU			2.6611	13.5277
155	WAN	WANKAMA			2.6500	13.6583