

Hydraulique Pastorale

Les eaux souterraines dans la région de Gao

(Soudan français)

par H. RADIER

HISTORIQUE

L'étude systématique de la géologie et des eaux souterraines dans la région de Gao ne débuta qu'en 1949. Au début de l'année, au cours d'une tournée de six semaines, trop rapide mais cependant fructueuse, J. Archambault parcourt cette vaste région, en dégage les grandes unités hydrologiques et jette les bases d'une étude et d'une prospection rationnelles.

A la même époque, la Direction Fédérale des Mines et de la Géologie en A.O.F., envoie dans la région deux géologues en mission, chargés du lever de reconnaissance et de l'étude hydrogéologique des feuilles Gao et Tabankort.

Simultanément, le Service de l'Élevage du Soudan, à qui l'on devait déjà la mission J. Archambault, assure la création à Gao d'un Service de l'Hydraulique Pastorale qui entreprend la remise en état d'anciens puits cimentés, le forage de nouveaux ouvrages, la formation d'équipes spécialisées et rassemble le matériel nécessaire à la réalisation d'un programme cohérent.

Parallèlement au travail du Service de l'Hydraulique et des Géologues, une campagne de sondages est mise en route. Trois sondages sont réalisés : Agamor (193 m), In Aoukert (148 m) et Ménaka (202 m). Malheureusement, par suite de difficultés, principalement techniques, ces sondages ne fournissent pas tous les renseignements espérés.

Enfin, pour compléter l'ensemble, une mission géophysique réalise en cinq mois une centaine de sondages électriques et sismiques, répartis sur neuf profils et apporte ainsi des renseignements aussi inédits que précieux sur la structure du bassin sédimentaire.

GÉOLOGIE

Dans la région de Gao, nous pouvons considérer trois provinces géologiques :

Le Gourma. — Il s'agit de la région comprise à l'intérieur de la boucle du Niger; les terrains que

nous y rencontrons sont formés de schistes métamorphiques, de quartzites et de gneiss; ces terrains font partie du socle Précambrien, du vaste bouclier africain, et réalisent un ensemble imperméable; les eaux de pluie ne peuvent y pénétrer que dans la zone superficielle d'altération; dans cette région, il n'existe donc pas d'eaux souterraines exploitables par puits profonds.

Les terrains du Gourma se retrouvent sur la rive gauche du Niger au sud d'Ansongo.

L'Adrar des Iforas. — Il s'agit d'un massif montagneux constituant les contreforts occidentaux du Hoggar; à côté d'une grande abondance de roches granitiques, nous y retrouvons des terrains identiques à ceux du Gourma, faisant également partie du socle Précambrien imperméable.

L'Azaouad, le bassin du Tilemsi, le bassin de l'Azgaret. — L'Azaouad est la vaste région couverte de dunes qui s'étend au nord du Niger entre Tombouctou et Bourem; au début de l'époque quaternaire, cette région correspondait à un vaste bassin d'épandage comparable au bassin du Tchad actuel, où venait se jeter le « Haut-Niger »; les alluvions de ce fleuve puissant ont lentement colmaté la dépression, se déposant jusque dans la région de Ségou; la dépression en voie de nivellement par les alluvions voyait simultanément sa surface se réduire par l'avancée des dunes correspondant à une période de sécheresse venant du nord; le volume des eaux venant du Fouta Djallon ne diminuant pas, le fleuve a cherché une issue en franchissant le seuil cristallin de Taoussa qu'il a usé par la suite pour former le défilé du même nom.

L'Azaouad est donc constitué par un remplissage d'alluvions formant un système perméable en communication avec le système alluvial du Niger actuel et les eaux du fleuve s'infiltrèrent largement dans cet ensemble.

A l'époque où l'Azaouad était un vaste bassin d'épandage, le climat humide qui régnait dans la région a donné naissance à un réseau de grandes

De bas en haut, la succession de ces remplissages est la suivante :

Le Continental Intercalaire. — Au cours de l'ère secondaire, le bouclier africain se trouvait émergé;

formations détritiques plus ou moins grossières : grès et conglomérats, avec quelques niveaux argileux correspondant aux dépôts de lacs de piedmont. Ces formations qui reposent directement sur le socle imperméable, sont perméables dans leur ensemble.

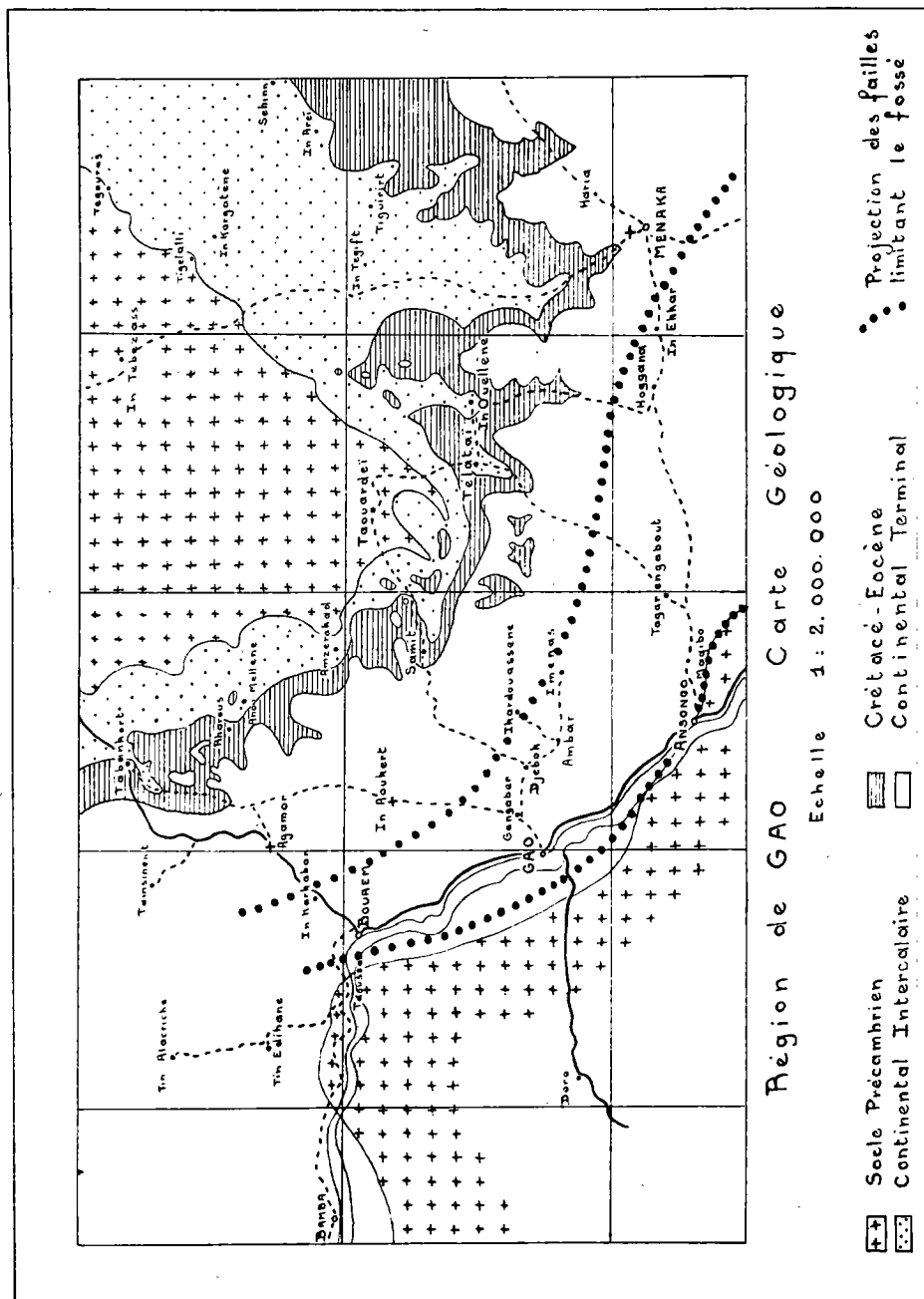


Fig. 2.

il régnait un régime continental; les dépressions recevaient les débris du démantèlement des massifs montagneux; en particulier, le chenal que nous venons de définir a été partiellement rempli par des

Le Crétacé — Éocène. — A la fin de l'ère secondaire, au Crétacé supérieur, la mer a envahi le chenal, faisant communiquer le bassin méditerranéen qui s'étendait jusqu'en bordure septentrio-

nale du Hoggar, avec le golfe de Guinée, par l'intermédiaire des bassins de la Bénoué et de la colonie du Niger. Le passage de la mer s'est traduit par le

sableux lagunaires correspondant à des reculs du rivage; ces dépôts sableux renferment une abondante faune de poissons et de crocodiliens.

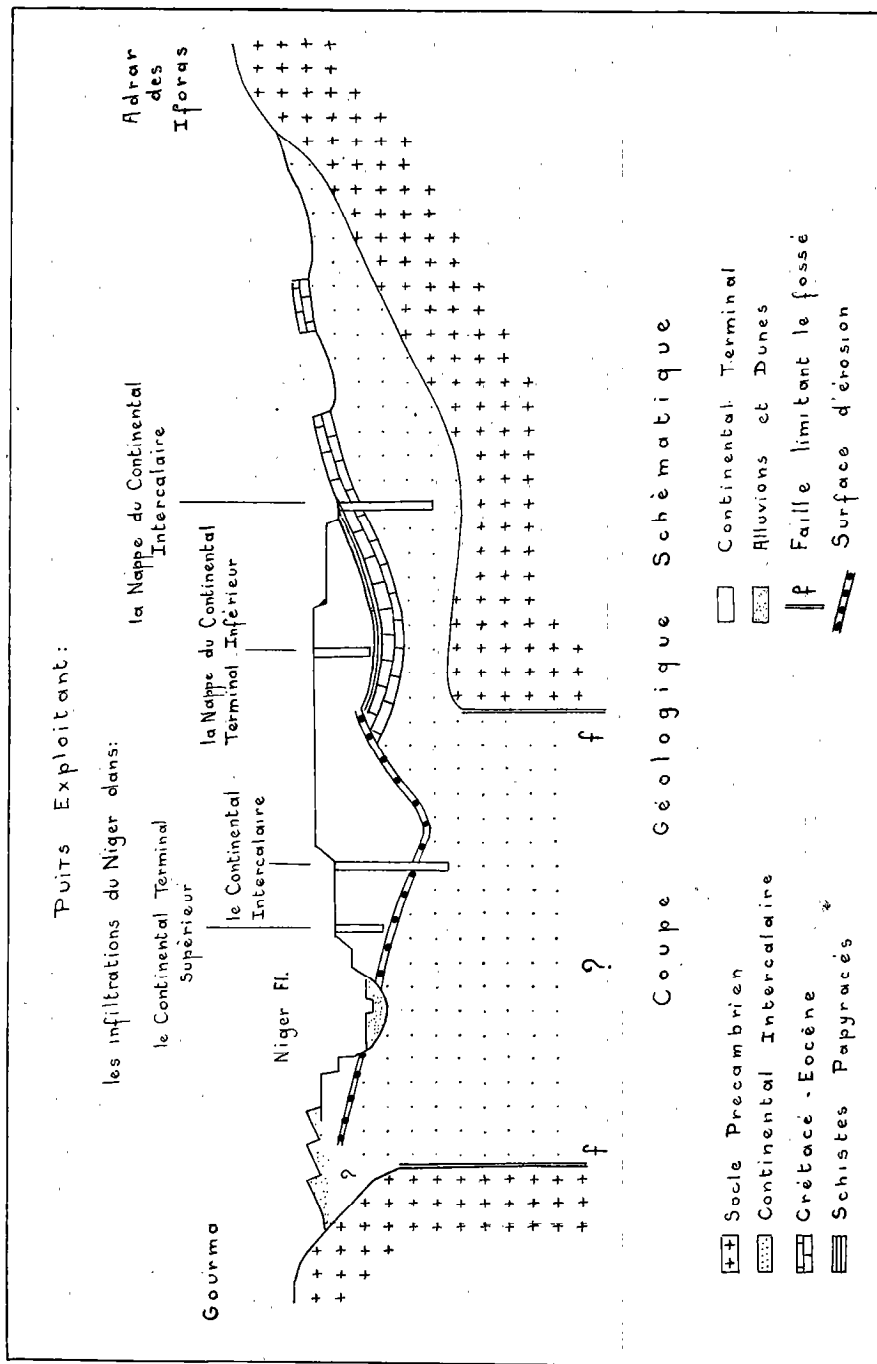


Fig. 3.

dépôt de séries calcaires très fossilifères. Cette communication entre Méditerranée et golfe de Guinée était assez instable et entre les calcaires Crétacés et Éocènes, nous observons des dépôts

Le Continental Terminal. — A l'Éocène moyen, la mer se retire définitivement par suite d'un exhaussement général du bouclier africain, et le régime continental semi-désertique réapparaît. Cependant,

la transition n'a pas été brusque; la mer a laissé derrière elle de vastes lagunes peuplées de poissons, serpents de mer et crocodiliens : dans ces lagunes se sont déposées des argiles feuilletées d'un aspect particulier qui leur vaut le nom de « schistes papyracés »; simultanément, l'abondance de la faune est à l'origine de dépôts phosphatés formant des couches pouvant atteindre l'épaisseur de 2 m, interstratifiées dans les schistes papyracés.

Ensuite s'installe le régime continental caractérisé par des orages très violents provoquant une érosion brutale des reliefs et le transport à plus ou moins grande distance des matériaux enlevés : boues, graviers, troncs d'arbres, cadavres d'animaux. Ce sont ces matériaux, grès et argiles, en dépôts lenticulaires, qui ont recouvert toute la région entre le Gourma et l'Adrar des Iforas à la fin du tertiaire. Nous avons vu qu'au début du quaternaire, une phase humide a érodé ces nouvelles formations en creusant un réseau de grandes vallées.

La coupe ci-contre montre la répartition verticale de ces différentes séries telle que nous l'imaginons d'après les renseignements fournis par les puits, les sondages et la géo-physique.

Le substratum cristallin, imperméable, constituant le chenal avait, à l'origine la forme d'une vallée en auge (ou en U) peu profonde; mais entre les régions du Tilemsi et de l'Azgaret, est née une ligne de partage des eaux; il en est résulté le creusement de deux vallées s'approfondissant et s'élargissant vers le nord-ouest d'une part et vers le sud-est d'autre part; ces deux vallées divergentes sont séparées par un seuil ou col qui joue un rôle important dans le remplissage sédimentaire du chenal et qui définit deux provinces hydrologiques où les conditions d'exploitation des nappes souterraines sont différentes : la région du Tilemsi et la région de l'Azgaret.

Le chenal ainsi façonné est rempli partiellement par les dépôts du Continental Intercalaire. Mais vers la fin du Crétacé, l'hémisphère sud entre en mouvement, le continent africain se sépare de l'Inde et de Madagascar, ces mouvements se traduisent par une grande phase de cassures et de volcanisme qui affectent l'Afrique dans son ensemble. En particulier deux grandes failles provoquent un fossé d'effondrement le long du chenal sur le côté Gourma. La largeur de cette fosse varie de 35 à 100 km et le décrochement, de 300 m au minimum, peut atteindre et dépasser 1.500 m. La nature du remplissage de ce fossé n'est pas connue, sauf dans la partie supérieure où il s'agit des premiers dépôts marins du Crétacé. Ces formations ont été atteintes dans les puits de Gangaber, à 20 km à l'est de Gao, où l'on a trouvé à 50 m de profondeur une très belle empreinte de poisson fossile de l'Albien-Cenomanien.

Ensuite, les formations marines du Crétacé et de l'Éocène se sont déposées régulièrement en forme de gouttière. Puis, l'exhaussement qui a provoqué le retrait de la mer a donné lieu à une érosion intense des calcaires Crétacé-Éocènes nouvellement émergés et le tiers occidental de ces dépôts a été emporté par les torrents, mettant à jour de nouveau le Continental Intercalaire. Si bien que la série continentale qui a recouvert toute la région à la fin du Tertiaire repose à l'est sur les calcaires éocènes et à l'ouest sur les grès du Continental Intercalaire.

HYDROLOGIE

Maintenant que nous connaissons les différentes séries sédimentaires déposées entre le Gourma et l'Adrar des Iforas, ainsi que leur répartition verticale, nous pouvons définir les différents ensembles hydrologiques de la région.

Le Continental Intercalaire. — Les grès, conglomérats et argiles du Continental Intercalaire reposent directement sur le sol imperméable; ils affleurent sur le pourtour de l'Adrar des Iforas; ils affleurent aussi, vraisemblablement, en bordure du Gourma, mais les placages dunaires masquent le contact. Pendant la saison des orages, de fin juin à fin septembre, les eaux de pluies ruissellent abondamment sur les massifs cristallins imperméables. En suivant les vallées, elles arrivent sur les affleurements du Continental Intercalaire où elles s'infiltrent. Ainsi prend naissance une nappe qui chemine dans les grès du Continental Intercalaire le long du socle.

Les puits, exploitant cette nappe, fournissent des débits moyens, 10 à 50 m³ par jour, et une eau dont l'extrait sec est supérieur à 1,5 g/litre avec une prédominance caractéristique de SO₄.

Mais la coupe nous montre que les alluvions du Niger, entre Bourem et Ansongo, reposent, tout au moins par endroits, sur du Continental Intercalaire. Il peut donc y avoir infiltration des eaux alluviales du Niger dans les grès du Continental Intercalaire et ceci, jusqu'à une distance importante du fleuve. Effectivement, il existe des puits ayant atteint le Continental Intercalaire et donnant des eaux très douces, moins de 0,5 g/litre d'extrait sec, avec nette prédominance de CO₂ et avec de gros débits.

Les eaux provenant des deux modes d'alimentation se rencontrent dans une zone où les puits donnent des eaux aux qualités intermédiaires.

Le Continental Terminal Inférieur. — Les schistes papyracés qui se sont déposés entre les calcaires Éocènes et les grès du Continental Terminal, constituent un bon écran imperméable. Ils affleurent largement dans les vallées du bassin du

Tilemsi. Dans ces vallées à demi colmatées par les alluvions et étouffées par les dunes, les eaux de ruissellement ne peuvent pas couler sur de longues distances et se concentrent sous formes de mares. Dans beaucoup de cas, l'eau de ces mares s'infiltré dans les grès du Continental Terminal Inférieur et cheminent au toit des schistes papyracés, donnant naissance à une nappe. Nous avons vu que les dépôts du Continental Terminal sont lenticulaires et renferment de nombreuses lentilles d'argiles, aussi le cheminement de cette nappe est-il capricieux et irrégulier. Néanmoins elle est exploitée par de nombreux puits qui donnent de faibles débits et des eaux très salées, par suite de la nature lagunaire des schistes papyracés; l'extrait sec est égal ou supérieur à 3,5 g/litre avec équivalence des ions Cl et SO₄.

Le complexe alluvial de l'Azaouad. — Les nombreux puits creusés dans cette région atteignent une nappe provenant de l'infiltration des eaux du Niger par l'intermédiaire de sa nappe alluviale entre Tombouctou et le défilé de Taoussa. Les puits exploitant cette nappe fournissent de gros débits en toutes saisons, 50 à 150 m³/jour; les eaux sont très douces, moins de 0,5 g/litre, avec prédominance de CO₃.

Le Continental Terminal Supérieur. — Le complexe alluvial de l'Azaouad repose, au moins sur la bordure orientale, sur les grès du Continental Terminal Supérieur; il peut donc y avoir infiltration latérale de la nappe.

De même entre le défilé de Taoussa et Gao, les alluvions du Niger reposent ou sont en contact latéral avec les grès du Continental Terminal Supérieur; il peut donc y avoir là également infiltration des eaux du Niger par l'intermédiaire de sa nappe alluviale.

Dans les deux cas, ceci nous conduit à retrouver dans les grès du Continental Terminal Supérieur des eaux d'infiltration du Niger. Les puits exploitant cette nappe donnent en général de gros débits et des eaux très douces comme dans l'Azaouad.

La région de l'Azgaret. — Dans cette région, les seules nappes possibles appartiennent au Continental Intercalaire et ne peuvent être alimentées que par les infiltrations d'eaux de ruissellement dans les zones d'affleurement, en bordure sud-est de l'Adrar des Iforas. Le Continental Intercalaire est ici beaucoup plus épais (100 à 200 m, et plus vers le sud-est) et il renferme des niveaux argileux épais intercalés qui peuvent délimiter plusieurs nappes. Malheureusement ces nappes ne sont pas connues, car il n'existe aucun puits profond dans cette région et les essais du sondage de Ménaka n'ont pas encore pu être exécutés.

EXPLOITATION DES ENSEMBLES AQUIFÈRES

L'étude précédente nous a montré que pratiquement il existe des eaux souterraines dans toute la région comprise entre le Gourma et l'Adrar des Iforas. Les seules difficultés possibles à retenir sont les suivantes :

Toutes les formations aquifères reconnues sont d'origine continentale; par conséquent, les conditions continentales de dépôts étant essentiellement hétérogènes, ces formations sont hétérogènes, en composition et en répartition; elles ne sont perméables et aquifères que dans leur ensemble.

Il est donc toujours possible de forer un puits dans une poche argileuse que rien ne permet de déceler au départ. Néanmoins, cette éventualité est assez rare car elle ne paraît s'être présentée qu'une fois jusqu'à présent.

Mais la conséquence la plus fréquente de l'hétérogénéité des formations est la suivante : La circulation des eaux souterraines se fait plus ou moins facilement, donc plus ou moins rapidement, selon que les grès sont plus ou moins purs ou argileux et selon l'épaisseur des bancs perméables; c'est pourquoi les puits ne peuvent donner des résultats identiques pour une même nappe; certains donneront des eaux peu salées, avec de gros débits et un niveau statique voisin du maximum; tandis que d'autres donneront de faibles débits avec des eaux salées et un niveau statique déprimé.

Enfin la région la moins connue actuellement est une bande de 50 à 100 km de large située sur la rive gauche du Niger entre Gao et Ansongo. Dans cette région on doit pouvoir atteindre le Continental Intercalaire alimenté par les eaux d'infiltration du Niger après avoir traversé la surface d'érosion entre Continental Terminal et Continental Intercalaire. Or, cette surface n'est pas plane et sa forme n'est pas connue. Donc nous ne pouvons rien présumer de la profondeur à laquelle la nappe sera atteinte.

En outre il est nécessaire de rappeler que la pluviométrie de la région est faible. Elle varie de 100 à 300 mm par an de Tessalit à Ansongo. Par conséquent, les nappes alimentées par les eaux de ruissellement ne peuvent avoir des débits énormes.

EAUX SUPERFICIELLES

Dans cette étude nous avons négligé les eaux dites superficielles. Il s'agit des eaux de ruissellement qui, lors de la saison des pluies, s'infiltrent dans les alluvions des vallées ou des dépressions. Étant donné un périmètre d'alimentation généralement faible, la nature souvent argileuse des alluvions récentes et l'intervention d'une évaporation intense,

sauf cas exceptionnels, les puisards de moins de 10 m qui exploitent ces eaux ne sont pas permanents.

Ces nappes alluviales et puisards sont, en dehors des mares et des gueltas, les seuls points d'eaux

Cependant, en pays cristallin où les points d'eaux sont parfois très rares, il y aura lieu d'étudier la création de conditions favorables aux puisards par l'édition de barrages souterrains. Un essai de ce genre

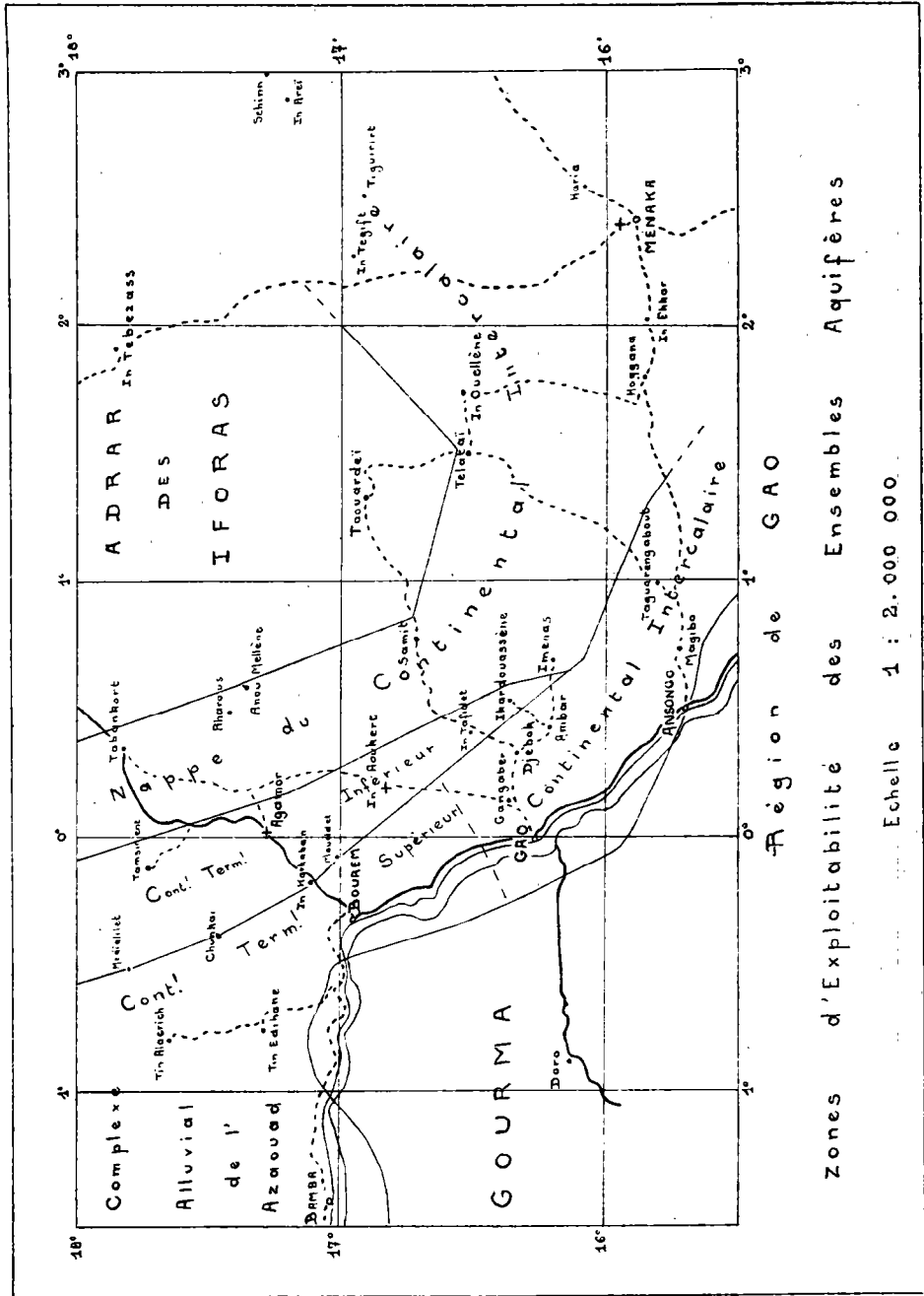


Fig. 4.

possibles dans les régions où affleure le socle précambrien.

Jusqu'à présent, l'Administration ne s'est pas occupée de la question des puisards; les nomades ayant bien repéré et utilisé les emplacements favorables.

est en voie d'achèvement dans l'Adrar des Iforas au nord de Kidal.

Henri RADIER,
Ingénieur E.N.S.G.

Géologue de la Direction Fédérale des Mines
et de la Géologie d'A.O.F.

BIBLIOGRAPHIE

- ARCHAMBAULT (J.). — **Les eaux souterraines au Soudan oriental.** BURGEAP, R 116, Paris (1949).
Note sur la prospection hydrogéologique du Cercle de Gao. Note, Archives Mines DKR (1950).
Les eaux souterraines de la Boucle du Niger. BURGEAP, R 159, Paris (1953).
 Archives du Service de l'Élevage et des Industries Animales.
- CHUDEAU (R.). — **Rapport géologique et hydrologique (Mission du Transafricain).** Soc. Éd. Géogr. Marit. et Colon. (1925).
- CORNET (A.). — **La transgression crétacé-éocène à l'ouest de l'Adrar des Iforas et les dépôts continentaux post-éocènes.** *Trav. inst. Rech. Sahar.*, II, p. 177-197, 1 fig. (1943).
Sur la réalité de mouvements post-crétacés au Sahara. *Ibid.* V, 16 p., 2 pl. (1948).
Topographie fossile anté-éocène à l'ouest de l'Adrar des Iforas. *C. R. Séances Acad. Sci.* (1949).
- DOUTRESSOULE (G.). — **L'Élevage au Soudan français. Son économie.** Imbert, Alger (1952).
- FURON (R.). — **Le crétacé et le tertiaire du Sahara (Soudan Niger-Tchad),** *Arch. Mus.*, 6^e série, XIII (1935).
Géologie de l'Afrique. Payot, Paris (1950).
Réflexions sur la paléogéographie, la tectonique et la morphologie de l'Afrique Nord-Équatoriale. *Commun. XIX^e Congrès. Géol. Intern.* Alger (1952).
- FURON (R.) et PEREBASKINE (V.). — **Notice sur une carte géologique de reconnaissance du Soudan français.** *Revue Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, III, p. 77-91 (1930).
- HAVARD-DUCLOS. — **Pâturages tropicaux. La Maison rustique.** Paris (1952).
- KARPOFF (R.). — **L'Adrar des Iforas.** Rapp. inéd., *Arch. Mines DKR* (1946).
- KIKOÏNE (J.). — **Stratigraphie, pétrographie et hydrologie du Soudan oriental.** Rapp. inéd., *Arch. Mines DKR.* (1950).
- KIKOÏNE (J.) et RADIER (H.). — **Quartzites d'altération au Soudan oriental.** *C. R. Som. SGF*, p. 339 (1949).
Silicifications au Soudan oriental. Le Calcaire à silex du Tertiaire continental. *C. R. Som. SGF*, p. 168 (1950).
- KILLIAN (C.), FURON (R.) et MENCHIKOFF (N.). — **La géologie du Sahara.** *Rev. Gén. Sci.* LVI, (4) pp. 116-122 (1935).
- LAVOCAT (R.). — **Sur la présence de quelques restes de mammifères dans le bone-bed éocène de Tamaguilelt (Soudan français).** *C. R. Som. SGF*, n° 7, 13 Avril (1953).
- LAVOCAT (R.) et RADIER (H.). — **Découverte au Soudan français d'importants gisements de vertébrés fossiles et ses conséquences stratigraphiques.** *C. R. Séanc. Acad. Sci.* CCXXXVII, p. 1100 (1953).
- LEGOUX (P.). — **Esquisse géologique de l'A.O.F.** *Bull. Serv. Mines A.O.F.* (4) (1939).
- LELUBRE (M.). — **Sur la tectonique du Sahara central.** *C. R. Séanc. Acad. Sci.*, CCXXVIII, p. 405 (1949).
- MERLIN (P.). — **L'Hydraulique pastorale en A.O.F.** *Bull. S.E. et I.A. de l'A.O.F.* (1951).
- PEREBASKINE (V.). — **Observations sur la géologie de l'Est soudanais.** Rapp. inéd., *Arch. Mines DKR.* (1927-1928).
Contribution à l'étude géologique du Soudan oriental (thèse). *Bull. Ag. gén. Col.* 119 p. 11 fig., 9 pl., 1 c. (1933).
- RADIER (H.). — **Connaissance hydrogéologique du Soudan oriental.** Rapp. inéd., *Arch. Mines DKR.* (1952).
Ibid. (complément) (1953).
Contribution à l'étude stratigraphique et structurale du détroit soudanais. *Bull. SGF.* (1953).
- TESSIER (F.). — **Étude hydrogéologique du Niger français** (2^e thèse). *Bull. Direct. Mines DKR.* (1950).
- URVOY (Y.). — **Les bassins du Niger** (thèse), *Mém. IFAN* (4) DKR (1942).