



L'AFRIQUE SOUDANO-SAHÉLIENNE



824 AFW.SA 76
(l'Afrique)

Comité interafricain d'études hydrauliques

1976

AGENCE D'ÉTUDES DE GÉOLOGIE APPLIQUÉE A L'ÉTRANGER



NOTICE EXPLICATIVE
DE LA
CARTE DE PLANIFICATION
DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DE
L'AFRIQUE SOUDANO-SAHELIENNE

B.P. 369 - Ouagadougou (Haute Volta) - Tél. : 26.69

C.I.E.H.

AGENCE D'ÉTUDES HYDRAULIQUES

824

ATW. SA.74

KD 3854

824
AFW. SA76

COMITÉ INTERAFRICAIN D'ÉTUDES HYDRAULIQUES

C. I. E. H.

B.P. 369 - Ouagadougou (Haute Volta) - Tél. : 26.69

NOTICE EXPLICATIVE

DE LA

CARTE DE PLANIFICATION

DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DE

L'AFRIQUE SOUDANO-SAHELIENNE



AGENCE D'ÉTUDES DE GÉOLOGIE APPLIQUÉE A L'ÉTRANGER

B.P. 6009 - 45018 Orléans Cédex - Tél. : (38) 63.00.12

1976

S O M M A I R E

	pages
NOTE INTRODUCTIVE	1
1 - OBJET DE LA CARTE	3
2 - REALISATION CARTOGRAPHIQUE	3
- NATURE DES AQUIFERES	3
- PROFONDEUR DE L'EAU SOUS LE SOL	4
- QUALITE CHIMIQUE DES AQUIFERES	5
- RESSOURCES UTILISABLES DES AQUIFERES	5
. RESSOURCES RENOUVELABLES NATURELLES	5
. RESERVES UTILISABLES	7
3 - EXEMPLES D'UTILISATION DE LA CARTE DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE	11
4 - CONCLUSIONS	14
5 - BIBLIOGRAPHIE	16
NOTICES PAR PAYS	19
RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DU NORD CAMEROUN	21
1 - CADRE GEOGRAPHIQUE	23
2 - AQUIFERES GENERALISES	23
3 - AQUIFERES DISCONTINUS	25
4 - BIBLIOGRAPHIE	27
RESSOURCÉS EN EAU SOUTERRAINE DE LA GAMBIE	31
1 - CADRE GEOGRAPHIQUE	31
2 - AQUIFERES GENERALISES	31
3 - BIBLIOGRAPHIE	32
RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DE LA HAUTE-VOLTA	35
1 - CADRE GEOGRAPHIQUE	35
2 - AQUIFERES GENERALISES	35
3 - AQUIFERES DISCONTINUS	36
4 - BIBLIOGRAPHIE	42
RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DU MALI	49
1 - CADRE GEOGRAPHIQUE	49
2 - AQUIFERES GENERALISES	49
3 - AQUIFERES DISCONTINUS	54
4 - BIBLIOGRAPHIE	59
RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DE LA MAURITANIE	65
1 - CADRE GEOGRAPHIQUE	65
2 - AQUIFERES GENERALISES	65
3 - AQUIFERES DISCONTINUS	67
4 - BIBLIOGRAPHIE	71

RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DU NIGER	79
1 - CADRE GEOGRAPHIQUE	79
2 - AQUIFERES GENERALISES	79
3 - AQUIFERES DISCONTINUS	85
4 - BIBLIOGRAPHIE	88
RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DU SENEGAL	93
1 - CADRE GEOGRAPHIQUE	93
2 - AQUIFERES GENERALISES	93
3 - AQUIFERES DISCONTINUS	96
4 - BIBLIOGRAPHIE	98
RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DU TCHAD	107
1 - CADRE GEOGRAPHIQUE	107
2 - AQUIFERES GENERALISES	107
3 - AQUIFERES DISCONTINUS	110
4 - BIBLIOGRAPHIE	112
LISTE DES DOCUMENTS ANNEXES	118

NOTE INTRODUCTIVE

La carte de planification pour l'exploitation des eaux souterraines de l'Afrique soudano-sahélienne présentée ci-après, a été réalisée par le Bureau de recherches géologiques et minières (B.R.G.M.), à la demande du Comité interafricain d'études hydrauliques (C.I.E.H.), aux termes de la convention en date du 18 juillet 1975, financée sur crédits du Fonds d'aide et de coopération français (F.A.C.).

Le contractant s'est assuré la collaboration du C.I.E.H. pour la Haute-Volta et le Liptako-Gourma au Niger, ainsi que celle du Bureau central d'études pour les équipements Outre-Mer (B.C.E.O.M.) pour le Mali.

Cette carte des ressources en eau souterraine, à l'échelle 1/1 500 000, couvre les territoires du Cameroun, de la Gambie, de la Haute-Volta, du Mali de la Mauritanie, du Niger, du Sénégal et du Tchad, compris entre les parallèles 7°30 et 20° de latitude nord.

En fin de notice, un plan de situation à l'échelle du 1/5 000 000 en dépliant indique le découpage cartographique en 3 feuilles adopté. Sur ce plan les grands ensembles hydrogéologiques sont affectés d'un numéro d'identification qui renvoie le lecteur à la notice (accès par Etat) et à la carte des ressources.

1 - OBJET DE LA CARTE

Elle a pour but de mettre clairement en évidence la nature respective des aquifères, leurs ressources en qualité et quantité, leur profondeur sous le sol et les possibilités de captage, en distinguant les régions à réservoir généralisé de celles qui en sont dépourvues.

Afin de compléter la carte de planification des eaux souterraines de l'Afrique sahélienne traitant des productivités des ouvrages de captage (réalisée en 1975 par le B.R.G.M. pour le Fonds d'aide et de coopération) dont elle est la suite logique, la carte emploie les mêmes conventions hydrogéologiques que cette dernière.

2 - REALISATION CARTOGRAPHIQUE

La carte représente les caractères de l'aquifère le plus proche de la surface du sol, qui correspond à la première nappe dénommée couramment *nappe phréatique*.

Si le premier aquifère n'est pas économiquement exploitable à des fins agricoles, les indications données se rapportent au premier réservoir sous-jacent qui remplit ces conditions.

En règle générale, lorsque plusieurs réservoirs du type généralisé se superposent, le système inférieur est représenté en cartouche à la même échelle en général.

NATURE DES AQUIFERES

La nature lithologique des aquifères est cartographiée au moyen de figurés conventionnels. Les formations ainsi définies sont décrites dans la notice de chaque pays ainsi que le caractère généralisé ou discontinu des aquifères qu'elles constituent. On entend par :

Aquifère généralisé :

Les formations sédimentaires à porosité d'interstice (sables, grès, ...) ou de fissure (dolomies, calcaires, marno-calcaires karstifiés, roches très diaclasées, ...).

Il existe une certaine continuité de leurs caractéristiques dans l'espace, bien que celles-ci puissent évidemment varier du fait de l'hétérogénéité du matériau aquifère (variations latérales ou verticales de faciès) et de ses changements d'épaisseur.

Les réserves sont généralement importantes en raison de la grande dimension des systèmes aquifères. Pour des raisons pratiques, toute formation géologique contenant une nappe continue susceptible d'être captée en tous points, a été cartographiée en aquifère généralisé.

Parmi les aquifères généralisés on a différencié les aquifères libres des aquifères captifs. De façon générale, les premiers font l'objet de la carte principale, les seconds sont présentés en cartouche.

Aquifère discontinu :

Les formations géologiques compactes, peu ou non perméables, mais ayant localement une perméabilité secondaire soit par altération physico-chimique, soit par fissuration ou fracturation.

Dans cette classe entrent les formations appartenant au socle éruptif et métamorphique (granite, schiste, gneiss, roches intrusives diverses, ...) ainsi que des formations sédimentaires telles que grès indurés, quartzites, calcaires et dolomies compacts.

PROFONDEUR DE L'EAU SOUS LE SOL

Aquifère généralisé libre

Les courbes isobathes (égale profondeur) de la surface piézométrique sous le sol, sont figurées en surcharge. L'équidistance est en général de 10 m. Dans certaines régions où les données sont peu précises, une fourchette de valeurs ou une profondeur indicative est fournie.

Aquifère généralisé captif

La profondeur donnée par les courbes isobathes est celle de l'eau après sa remontée dans l'ouvrage. Elle est figurée dans les cartouches et permet de comparer nappe libre et nappe profonde sur ce paramètre intéressant l'exploitation. Un figuré spécial distingue les zones d'artésianisme. Ce caractère est susceptible de s'atténuer, voire de disparaître à plus ou moins long terme, en fonction de l'intensité de l'exploitation (notamment de la densité des forages).

Un certain nombre d'ouvrages, matérialisés sur la carte, donnent des valeurs ponctuelles de la profondeur :

- du toit de l'aquifère,
- de la surface piézométrique de la nappe libre ou captive,
- du niveau dynamique correspondant à l'exploitation de la nappe dans des conditions normales.

Il n'est pas interdit de tenter des interpolations entre ces valeurs ponctuelles mais avec prudence : leurs validités sont fonction des distances entre les points, des écarts des valeurs donc de la possibilité ou non (variation brusque de faciès) d'assimiler des données ponctuelles à des variables continues.

Aquifère discontinu

La règle générale étant l'hétérogénéité, il était donc exclu de donner des plages de profondeur de l'eau sous le sol. Afin de fournir à l'utilisateur une approximation de l'importance des ouvrages à mettre en place, des points d'eau ont été matérialisés sur la carte. Leurs caractéristiques principales sont précisées dans les tableaux dressés pour chaque pays.

QUALITE CHIMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES

Le critère minéralisation totale a servi de guide pour différencier les eaux en deux catégories, contenant l'une plus et l'autre moins de 1 g par litre. Ce critère est visualisé en cartouche pour les nappes libres et captives.

RESSOURCES UTILISABLES DES AQUIFERES

Elles constituent l'objet principal de la carte. Exprimées par kilomètre carré, elles donnent un ordre de grandeur des quantités d'eau souterraine mobilisables, c'est-à-dire disponibles pour l'exploitation.

Il convient d'abord de distinguer ressources renouvelables et réserves exploitables.

RESSOURCES RENOUVELABLES NATURELLES (OU POTENTIELLES)

Exprimées en m³ par an et par kilomètre carré, elles traduisent la part des précipitations qui atteint et alimente les aquifères. Elles sont données en millions de m³ par an (en moyenne) par pays et par aquifère dans le tableau 1 page 9.

L'évaluation des ressources renouvelables se fait à partir du calcul de la pluie efficace, somme sur l'année des excédents mensuels de la pluie par rapport à l'évapotranspiration (les courbes d'égale hauteur de pluie efficace ont été figurées sur le plan de situation en fin de notice). Les données de base utilisées sont :

- les hauteurs de pluie moyennes mensuelles sur la période 1931-1960, des stations du réseau de l'Association pour la sécurité de la navigation aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) ;
- les hauteurs d'évapotranspiration potentielle mensuelles calculées selon la formule de L. TURC sur la période 1967-1974 à partir des mesures de température, d'ensoleillement et d'humidité relative des stations du réseau de l'ASECNA.

Exemple de calcul de la pluie efficace à Ouagadougou

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pluie en mm	0	3	8	17	81	116	193	260	148	37	1	0
Evapotranspiration en mm	207	208	231	186	168	154	141	126	140	161	180	184
Excédent pluviométrique en mm	0	0	0	0	0	0	52	134	8	0	0	0

La pluie efficace moyenne est donc de 194 mm/an à Ouagadougou.

La pluie efficace équivaut à l'écoulement total potentiel, c'est-à-dire à la somme du ruissellement et de l'infiltration alimentant les aquifères et soutenant ensuite, en partie, le débit de base des cours d'eau ; ceci dans la mesure où les nappes ne subissent pas des prélèvements significatifs par évapotranspiration, comme c'est précisément le cas en divers secteurs de la zone semi-aride sahélienne. Aussi les débits de base ou d'étiage des cours d'eau de la région sahélienne, sans bassin étendu en amont dans les zones les plus arrosées, ne peuvent-ils représenter qu'une approche par défaut, et parfois fortement, de l'écoulement souterrain potentiel, c'est-à-dire de l'alimentation des nappes.

C'est pourquoi les données hydrologiques - peu nombreuses - disponibles sur les débits d'étiage n'ont été utilisées que pour fixer des limites inférieures aux ressources renouvelables potentielles. De ce fait ces ressources ont été évaluées à partir des pluies efficaces.

L'alimentation des nappes, qui définit la ressource renouvelable naturelle, est évaluée en modulant la pluie efficace en fonction de la lithologie, la morphologie des bassins versants, l'altération ou la fissuration, la profondeur de la surface piézométrique et le couvert végétal. Nous avons retenu par exemple, des fractions de 5 % pour les granites à produits d'altération kaolineux, de 100 % pour les sables dunaires sans ruissellement avec une nappe à faible profondeur. La détermination de l'infiltration à partir d'un pourcentage de la pluie efficace est naturellement une simplification qui, bien que plus satisfaisante de toute façon que l'utilisation de "coefficients d'infiltration" appliqués aux précipitations totales (1), serait critiquable et ne pourrait convenir pour des périodes courtes. Elle paraît cependant acceptable avec la valeur d'un "index" à l'échelle de l'année moyenne (hypothèse de base de notre carte). De surcroît les coefficients retenus ont été calés sur divers bilans et analyses de fluctuations de nappe cités dans la bibliographie.

(1) pour des périodes courtes les quantités d'eau infiltrées sont sans relation linéaire avec les quantités d'eau précipitées. Les "coefficients d'infiltration" ne sont pas indépendants des hauteurs de pluie ni des évolutions antérieures traduites par l'humidité du sol ; ils ne sont donc pas liés seulement aux conditions hydrogéologiques constantes.

On notera, surtout dans la partie nord de la carte, le caractère souvent limité, dans l'espace comme dans le temps, de la recharge des aquifères. L'infiltration directe des pluies, souvent violentes, joue un faible rôle devant celle qui est consécutive au ruissellement concentré par le réseau hydrographique sur certaines aires d'épandage.

Une recharge par les grands fleuves qui traversent la zone sahélienne, peut aussi localement intervenir. Il convient pour garantir la valeur de cet apport, de ne le considérer qu'en période d'étiage du cours d'eau. La sécheresse de ces dernières années a permis de montrer que le débit d'étiage était souvent extrêmement faible.

Six classes de ressources renouvelables naturelles ont été différenciées en zones homogènes de 0 à plus de 150 000 m³/an par km² (soit de 0 à plus de 150 mm/an) par une variation de la dimension du figuré de faciès conventionnel.

Remarque

Diverses contraintes (techniques, économiques, voire écologiques) restreignent la possibilité pratique de prélever la totalité du débit des nappes sur de grandes étendues. De plus ces contraintes, flexibles, évolutives et dépendant de l'usage attendu de l'eau ne peuvent être cartographiées.

La carte des ressources renouvelables potentielles ne prétend donc fournir qu'une base rationnelle du point de vue hydrogéologique en vue d'une évaluation ultérieure des ressources renouvelables économiquement exploitables.

RESERVES EXPLOITABLES

Bien distinctes des ressources renouvelables naturelles, elles représentent un volume emmagasiné au sein de l'aquifère. Exprimées en m³, ces réserves sont données par pays et par aquifère dans le tableau 1. L'exploitation de cette réserve si aucune ressource renouvelable ne venait la compenser, se traduirait par une vidange partielle de l'aquifère.

Pour la chiffrer, on doit fixer des hypothèses conventionnelles qui définissent une réserve utilisable pour certains critères technico-économiques (rabattement à créer dans les ouvrages, profondeur maximale de puisage...).

. En nappe libre, le volume exploitable est obtenu en calculant le volume libéré par l'aquifère de coefficient d'emmagasinement S (équivalent à la porosité efficace), pour un abaissement de la surface piézométrique égal au tiers de l'épaisseur saturée, jusqu'à un maximum de 100 m sous le sol (dans le cas où l'épaisseur saturée est inconnue, on utilise un rabattement donné compatible avec l'épaisseur présumée de l'aquifère. Ce rabattement est précisé en notice).

. En nappe captive, le volume exploitable est celui libéré par l'aquifère de coefficient d'emmagasinement S pour un abaissement maximal de la surface piézométrique de 100 m sous le sol. Dans certains cas où la nappe est mal connue, et où la possibilité de rabattement jusqu'à 100 m n'est pas envisageable un rabattement constant donné a été choisi.

Le coefficient d'emménagement considéré en nappe captive (1) est celui qui interviendrait dans le cas d'une exploitation de longue durée. Il est toujours plus grand en pratique que celui mesuré par des essais de courte durée ; ce fait traduit la mise en jeu des réserves des formations peu perméables mais capacitatives, contiguës aux aquifères proprement dits, que seule une exploitation à long terme mobilise. Les différentes valeurs de ce coefficient sont mentionnées dans les notices de chaque pays.

Pour les deux types de nappe l'abaissement fixé dans ces hypothèses est celui qui affecterait en moyenne chaque surface unitaire de 1 km². On admet que les ouvrages seraient convenablement disposés pour obtenir ce rabattement moyen sur l'aire choisie (les rabattements dans les ouvrages seront toujours plus importants).

Enfin, pour chaque système aquifère, toutes les informations essentielles pour l'exploitation et directement liées aux informations cartographiées, ont été rassemblées dans un tableau placé, en notice, en fin de description de chaque formation aquifère.

(1) Les coefficients d'emménagement sont évalués en considérant le comportement mécanique des formations géologiques, et notamment les effets des tassements des niveaux argileux. Cette méthode a été utilisée par le B.R.G.M. pour les aquifères tertiaires de Tripolitaine (Libye) et pour l'étude des Ressources en eau du Sahara septentrional (projet ERESS-UNESCO). Les coefficients d'emménagement sont donnés par la formule :

$$S = \gamma \sum_{i=1}^N (h_{ef} \times m_v)_i$$

- N étant le nombre de couches compressibles,
- h_{ef} , l'épaisseur efficace de la $i^{\text{ème}}$ couche,
- m_v , son coefficient de compressibilité volumique,
- γ est le poids spécifique de l'eau.

Les épaisseurs efficaces ont été évaluées à partir des logs de sondages. Les coefficients de compressibilité ont été estimés au moyen d'abaques construits à partir d'essais de laboratoire. La méthode est exposée en détail dans le rapport méthodologique dont la référence bibliographique est (17).

TABLEAU : 1

Localisation géographique Stratigraphie		CAMEROUN	GAMBIE	
		QUATERNAIRE		
PLIOQUATERNAIRE		R re 1160 R ex 6 160— —12 540		
		R re #0 R ex 3 850— —7 710		
TERTIAIRE	CONTINENTAL TERMINAL (POST- PALEOCENE)	R re 70 R ex 230—450	R re 1040 R ex 5 990— —13 300	R re R e
	EOCENE			
	PALEOCENE			
SECONDAIRE	CRETACE SUPERIEUR	R re 720 R ex 960—2 390	R re #0 R ex 2 700—5 420	
	CONTINENTAL INTERCALAIRE (CRETACE INFERIEUR)			
PRIMAIRE ET INFRACAMBRIEN				R re R re R re
SOCLE CRISTALLIN ET CRISTALLOPHYLLIEN		R re 3 410		R re
RESSOURCE GLOBALE		R re 5 360 R ex 11 200— —23 090	R re 1 040 R ex 8 690— —18 720	R re R e

Dans la zone cartographiée (environ 3 890 000 km²) et pour les hydres les réserves exploitables des aquifères sont comprises entre les ressources renouvelables naturelles ou potentielles moyenn 60 milliards de mètres cubes par an, représentant 4 à 8 %

R re ressources renouvelables naturelles ou potentielles.

R ex réserves exploitables (les fourchettes de valeurs sont obtenues chacune de leurs valeurs extrêmes).

25 numéro caractérisant un aquifère sur la carte et dans la

 aquifère discontinu

#0 signifie "néglig"

3 - EXEMPLE D'UTILISATION DE LA CARTE DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE : NAPPE DU CONTINENTAL TERMINAL DU SENEGAL

Données lues sur la carte

Région : bassin sénégalais
Aquifère : n° 3 - Continental Terminal - Nappe libre
Faciès : sable argileux
Ressource renouvelable : 100 000 m³/an par km²
Réserve exploitable : 600 000 m³ par km²
(pour un rabattement de la nappe de 10 m)
Profondeur de l'eau sous le sol : 10 m
Minéralisation totale inférieure à 1 g/l.

CALCULS POSSIBLES

On envisage l'exploitation de cette eau de bonne qualité à des fins pastorales au régime de 600 m³/h, avec un rythme de pompage de 8 heures par jour et de 200 jours par an, ce qui représente un volume de 960 000 m³/an.

La carte de productivité antérieurement publiée permet de vérifier que la mise en exploitation est possible avec un nombre raisonnable de forages (6 de 100 m³/h). Le coût du m³ d'eau au sol avec 1 kg de pression peut être évalué en consultant la carte du coût de l'eau : il est inférieur à 10 francs CFA.

Calcul n° 1

Si l'on désire ne faire appel qu'aux seules ressources renouvelables, quelle sera l'aire d'alimentation théorique S nécessaire pour que s'équilibre le bilan (ressource = prélèvement par le pompage).

Elle se calcule aisément à partir du volume pompé annuellement (960 000 m³) et de la ressource par km² (100 000 m³/an) :

$$S = \frac{960\ 000}{100\ 000} = 9,6\ \text{km}^2$$

Cela signifie que, théoriquement, un pompage à 600 m³/h nécessite une surface d'impluvium de l'ordre de 9 à 10 km² pour assurer un renouvellement du volume d'eau pompée (cercle de 1,8 km de rayon ou carré de 3 km de côté).

En pratique, cela signifie que la surface maximale dans laquelle les ouvrages devront être implantés sera de l'ordre de 10 km². Cela signifie aussi que si un autre pompage similaire était envisagé, il conviendrait d'en placer le centre à une distance de l'ordre de 3 à 4 km du centre du dispositif existant.

Il convient de noter qu'on envisage ici l'exploitation des ressources renouvelables indépendamment des réserves de l'aquifère. Il est évident qu'avant l'instauration d'un régime rééquilibré (exploitation = apport naturel) un rabattement de la nappe aura été nécessaire, donc qu'une tranche de la réserve aura été entamée obligatoirement, concourant ainsi à la fourniture d'eau. Séparer la ressource renouvelable de la réserve est évidemment une schématisation : il est physiquement impossible d'exploiter l'une sans entamer l'autre.

Calcul n° 2

On peut envisager le cas d'une région déjà exploitée, où l'impluvium couvert par la zone à aménager n'est que de 6 km², donc inférieur à la surface calculée dans le cas n° 1.

Dans ce cas, il sera nécessaire de faire appel non seulement à la ressource renouvelable qui sera entièrement prélevée mais aussi à la réserve exploitable.

Quelle est alors la durée possible d'exploitation au débit de 600 m³/h ?

Si n est le nombre d'années d'exploitation, on aura :

$$A = \text{volume exploité pendant ces n années} = (960\ 000 \times n) \text{ m}^3$$

$$B = \text{réserves exploitables sur 6 km}^2 = (600\ 000 \times 6) \text{ m}^3$$

$$C = \text{ressources renouvelables sur ces n années et ces 6 km}^2 \\ = (n \times 100\ 000 \times 6) \text{ m}^3$$

$$A = B + C$$

$$n \times 960\ 000 = (6 \times 600\ 000) + (n \times 100\ 000 \times 6)$$

$$\text{d'où} \quad n = \frac{3\ 600\ 000}{960\ 000 - 600\ 000} = 10 \text{ ans}$$

Ainsi, dans les conditions initialement fixées, le débit de 600 m³/h pourra être maintenu pendant 10 années sur la surface considérée ; au-delà de ce temps, la réserve exploitable étant épuisée, seule la ressource renouvelable, soit 600 000 m³/an pourra être utilisée. La remarque précédente n'est évidemment valable que dans les conditions fixées initialement. On pourrait envisager éventuellement de rabattre la nappe au-delà du tiers de l'épaisseur saturée et/ou à plus de 100 m sous le sol (dans le cas présent plus de 90 m de rabattement), ce qui permettrait d'augmenter la durée d'exploitation si un coût accru de production de l'eau est acceptable.

Calcul n° 3

En gardant la même hypothèse de débit (600 m³/h), on peut faire le même calcul que dans le cas n° 1 (calcul de l'aire théorique intéressée) pour une durée supérieure (20 ans) en admettant cette fois que la réserve exploitable puisse être utilisée au même titre que la ressource renouvelable.

On a :

$$A = \text{volume exploité pendant 20 ans} = 20 \times 960\ 000 = 19\ 200\ 000 \text{ m}^3$$

$$B = \text{ressource renouvelable exploitable sur 5 km}^2 \text{ en 20 ans} \\ = S \times 20 \times 100\ 000 = (S \times 2\ 000\ 000) \text{ m}^3$$

$$C = \text{réserve exploitable sur 5 km}^2 = (S \times 600\ 000) \text{ m}^3$$

$$A = B + C$$

$$19\ 200\ 000 = 2\ 000\ 000 \times S + 600\ 000 \times S$$

$$\text{d'où} \quad S = \frac{19\ 200\ 000}{2\ 000\ 000 + 600\ 000} = 7,4 \text{ km}^2$$

La surface concernée est donc environ de 30 % inférieure, en admettant que la réserve soit exploitée au même titre que la ressource renouvelable.

Au bout des 20 ans d'exploitation, la réserve exploitable aura été entièrement épuisée. On pourra alors envisager soit une exploitation de la ressource renouvelable seule, c'est-à-dire 740 000 m³/an (100 000 m³ x 7,4 km²) qui correspond à un débit de 460 m³/h pendant 8 heures par jour et 200 jours par an, soit arrêter totalement le pompage pour laisser se reconstituer les réserves exploitables en 6 ans, à raison de 100 000 m³/an.

Ces hypothèses sont évidemment très théoriques et doivent être utilisées pour fixer des ordres de grandeur.

Calcul n° 4

D'un point de vue pratique, il est possible que le débit soit l'inconnue de la "trilogie" : débit, durée, surface, qui varient de manière concomittante. On peut alors envisager le cas où l'on désire connaître le débit exploitable maximal sur une surface de 5 km² pour une durée de 10 ans.

On aura :

$$A = \text{volume exploité pendant 10 ans} = (10 \times 200 \times 8 \times Q) \text{ m}^3 \\ = 16\ 000\ Q$$

$$B = \text{ressource renouvelable exploitable en 10 ans sur 5 km}^2 \\ = (5 \times 10 \times 100\ 000) \text{ m}^3 = 5\ 000\ 000\ \text{m}^3$$

$$C = \text{réserve exploitable sur 5 km}^2 = (5 \times 600\ 000) \text{ m}^3 = 3\ 000\ 000\ \text{m}^3$$

$$A = B + C$$

$$16\ 000\ Q = 5\ 000\ 000 + 3\ 000\ 000$$

$$\text{d'où} \quad Q = \frac{8\ 000\ 000}{16\ 000} = 500\ \text{m}^3/\text{h}$$

Il convient de vérifier dans ce cas sur la carte des productivités, combien de sondages seront nécessaires pour produire ce débit (5 ouvrages fournissant chacun 100 m³/h, dans ce cas précis).

Remarques

Il est important de noter que les valeurs portées sur la carte et les calculs qui sont fondés sur elles, sont toujours relativement pessimistes.

En effet, l'une de nos hypothèses de travail est l'abaissement uniforme, par pompage, de la surface piézométrique sur une surface de 1 km². En réalité, le rabattement est provoqué par un certain nombre de forages (nombre dépendant de la transmissivité du terrain) dans lesquels le niveau dynamique est nettement inférieur au niveau moyen de la nappe. En contrepartie, à une certaine distance du forage, le rabattement devient très faible (cônes de dépression dûs au pompage). On peut donc considérer, globalement que la somme des volumes des cônes de dépression est assimilable à un volume équivalent de hauteur moyenne constante et uniformément réparti sur la surface concernée par les pompes.

De ce fait, sur la majeure partie de la surface considérée, les rabattements réellement mesurés seront inférieurs aux rabattements calculés, sauf évidemment sur les forages mêmes et à proximité immédiate de ceux-ci.

De même, les temps réels d'exploitation sont supérieurs aux durées calculées qui peuvent être considérées comme des valeurs minimales.

4 - CONCLUSIONS

Les quatre calculs donnés à titre d'exemple montrent que la carte des ressources en eau a été conçue dans un objectif de programmation et planification. En cela, elle complète les cartes de productivité, de coût et, dans une moindre mesure, de qualité de l'eau pour l'irrigation, cartes publiées antérieurement sous le nom de "cartes de planification du Sahel".

On ne doit pas attendre de ces cartes plus de précision qu'elles ne peuvent donner. L'échelle choisie (1/1 500 000) n'est pas adaptée à une utilisation au niveau de l'aménagement local ou *a fortiori* du captage. Elles sont destinées à donner non pas des valeurs absolues "exactes", difficiles, sinon impossibles à obtenir, mais des valeurs relatives d'exploitabilité. Ces valeurs seront d'autant plus significatives que la surface intéressée par le calcul de la ressource sera plus importante.

La carte des ressources est donc destinée à opérer un choix de zones méritant des études localisées en vue de définir plus exactement les conditions d'exploitation.

Il est évident qu'à ce stade de l'utilisation de la carte des ressources, il conviendra de tenir compte des exploitations existantes dans l'aquifère choisi : celles-ci peuvent déjà mobiliser une part non négligeable des ressources évaluées, aussi sont-elles à soustraire pour estimer les ressources demeurant disponibles. Il conviendra aussi d'évaluer les conséquences de l'exploitation envisagée, par exemple :

- accroissement de la ressource à partir d'eau de surface réalimentant l'aquifère (relations nappe-rivière), récupération d'une part de l'eau perdue par évaporation lorsque les rabattements d'une nappe sur de grandes étendues, diminuent les effets de celle-ci ;
- diminution de la ressource par abaissement de la surface piézométrique libre jusqu'à un niveau où l'infiltration jusqu'à la nappe est plus faible et moins fréquente (réduction d'alimentation).

En ce qui concerne plus particulièrement les **ressources renouvelables naturelles**, il serait déraisonnable d'envisager une exploitation à partir des seules valeurs fournies par la carte. Cela supposerait en effet que toutes les sorties d'eau souterraine (autres que celles des ouvrages de captage existants) soient interceptées par les nouveaux ouvrages, ce qui est impossible en pratique.

En outre, et en marge des ressources renouvelables, une autre condition d'exploitation est l'existence d'un minimum de "volant", à prendre sur les réserves exploitables, indispensable pour créer les conditions hydrodynamiques nécessaires en pratique à la mobilisation des ressources renouvelables.

Déterminer une ressource exploitable conduit obligatoirement à choisir des conditions d'exploitation économiquement admissibles : c'est ainsi qu'il a été décidé dans la présente étude de ne pas rabattre la surface piézométrique des aquifères captifs au-dessous de 100 m sous le sol et de n'exploiter que le tiers de l'épaisseur saturée des aquifères libres.

Cependant, pour des objectifs jugés temporaires ou vitaux, en particulier pour l'alimentation de certaines populations et en cas de sécheresse catastrophique, on peut décider d'exploiter à des coûts supérieurs : rabattement à plus de 100 m sous le sol pour les aquifères captifs, exploitation de plus du tiers de l'épaisseur saturée des aquifères libres, ... On peut même, dans certains cas envisager une utilisation totale de la réserve disponible, en "épuisant" un aquifère captif, comme on le fait pour un gisement de pétrole par exemple ou de tout autre minéral non renouvelable. Cette solution extrême est envisageable dans des cas d'urgence ou bien pour assurer un approvisionnement en cours, dans l'attente d'une solution à réaliser à plus long terme : construction d'une usine de dessalement d'eau de mer, construction d'une canalisation pour le transport d'eau provenant d'un bassin-versant voisin etc..

Ainsi, le planificateur placé devant des problèmes d'aspects économique et politique devrait trouver dans la carte des ressources en eau, complétant les cartes de productivité, coût et qualité de l'eau pour l'irrigation, publiées antérieurement, des éléments décisifs lui permettant de fonder rationnellement ses choix.

5 - BIBLIOGRAPHIE : OUVRAGES GENERAUX

- (1) ALBINET M. et CASTANY G. (1972) - Evaluation rapide et cartographique des ressources en eaux souterraines d'une grande région (application au Vénézuéla). Bull. BRGM 1972. Section III, n° 2.
- (2) ANGLADETTE, AUBERT, AUBREVILLE, BIRET, CORNEVIN, CROUZET, FRANCOIS, LHOE, GENTY, MONOD, SCHRAMM et SOUCADEAUX (1975) - La sécheresse en zone sahélienne. Cause - Conséquences - Etude des mesures à prendre. La Documentation française, Académie des Sciences d'Outre-Mer. Note et études documentaires. 23 sept. 1975, n° 4216-4217.
- (3) ARCHAMBAULT J. (1959) - Sondages de recherche d'eau à Tazadit. Campagne 1957-1958. Etat des études au 1/1/1959. BURGEAP.
- (4) ARCHAMBAULT J. (1960) - Les eaux souterraines de l'Afrique occidentale - Ed. BERGER - LEVRAULT, Nancy.
- (5) BAUD L. (1942) - Note sur l'hydrogéologie en A.O.F. (Serv. Mines A.O.F., Dakar).
- (6) BILLON B., GUISCAFFRE J., HERBAUD J., OBERTIN G. (1974) - Le bassin du fleuve Chari - Monographie hydrologique ORSTOM n° 2.
- (7) BISCALDI R. (1967) - Etude statistique des forages et carte hydrogéologique des régions à substratum éruptif et métamorphique en Afrique Occidentale. Rapp. BRGM DAK 67 A 14, Arch. C.I.E.H. Ouagadougou.
- (8) BRGM (1975) - Cartes de planification pour l'exploitation des eaux souterraines de l'Afrique sahélienne
 - Productivité des nappes - débits de production initiaux des ouvrages captants
 - Aptitude des eaux à l'irrigation
 - Coût moyen de captage et d'exploitation de l'eau souterraineFonds d'aide et de coopération - 1975.
- (9) BRUNET-MORET Y. (1974) - Précipitations journalières de l'origine des stations à 1965.
 - République du Tchad (1973)
 - République du Mali (1974).Publ. ORSTOM.
- (10) BURGEAP (1971) - Etude comparative des avantages respectifs des puits et des forages d'eau dans les régions à substratum cristallin de l'Afrique de l'Ouest. Rapp. BURGEAP - R 63 - Publications du C.I.E.H. Ouagadougou.
- (11) BURGEAP (1974) - La construction des puits en Afrique tropicale et "l'investissement humain". Ed. Minist. Coop. Paris.
- (12) BURGEAP (1976) - Evaluation du débit d'exploitation des puits dans les régions à substratum cristallin d'Afrique tropicale. Rapp. BURGEAP - R 205 - Arch. C.I.E.H. Ouagadougou.
- (13) CASTANY G. (1963) - Traité pratique des eaux souterraines. Dunod.

- (14) CASTANY G., DELAROZIERE-BOUILLIN O. et MARGAT J. (1973) - Evaluation et cartographie des ressources en eau souterraine renouvelables. Eléments du bilan de l'eau en France. Rapp. BRGM 73 SGN 244 AME.
- (15) CASTANY G., MARGAT J., ALBINET M. et DELAROZIERE-BOUILLIN O. (1970) - Evaluation rapide des ressources en eau d'une région. Actes Conv. int. acque sotterane - Palermo.
- (16) C.I.E.H. (1967) - Etude géochimique des eaux souterraines de l'Afrique de l'Ouest. Rapp. BRGM DAK 67 A 12. Arch. C.I.E.H. Ouagadougou.
- (17) JOHNSON A.I. (1967) - Specific yield. Compilation of specific yields for various materials. U.S. geological survey water supply paper 1662-D.
- (18) LELONG F. et LEMOINE J. (1968) - Les nappes phréatiques des arènes et des altérations argileuses. Leur importance en zone intertropicale. Les difficultés de leur exploitation. Publ. Burgeap in Bull. BRGM 2ème série, section III, n° 2.
- (19) LEMOINE J. (1973) - La maîtrise de l'exhaure manuelle. Condition d'une alimentation en eau satisfaisante des villages dans les régions à substratum cristallin. Commun. à la réunion C.I.E.H. de Libreville, avril 1973. Arch. C.I.E.H. Ouagadougou.
- (20) MARGAT J. (1969) - Ressources en eau souterraine et bilan de nappe. Rapp. BRGM inédit 69 SGN/208 HYD.
- (21) MARGAT J. *Trad.* (1973) - Variantes dans les conceptions de ressources exploitables. Rapp. BRGM inédit 73 SGN 290 AME.
Trad. de : Alternative yield concepts *In* : Ground water management. American society of civil engineering (A.S.C.E.).
Manuals and report on engineering practice, n° 40, chap. III.
- (22) MARTIN A., REICHELT R. et VAUBOURG P. (1973) - Ressources en eau souterraine de l'Afrique sèche (Sénégal, Mali, Mauritanie, Haute-Volta, Niger, Tchad). Rapp. BRGM 73 RME 010 AF.
- (23) MAYER J. (1975 mai-juin) - Des remèdes pour l'agriculture pluviale sahélienne. (SATEC) - Actuel Développement.
- (24) PEAUDECERF P. (1975) - Essai de mise en production des aquifères profonds Rapport n° 1 - Calcul du coefficient d'emmagasinement par l'évaluation du compactage des formations. Rapp. BRGM 75 SGN 184 AME.
- (25) PONCET Y. (1973) - La sécheresse en Afrique sahélienne - Notice des cartes.
- Répartition de la population
- Répartition et utilisation de l'eau
- Bilan provisoire en mai 1973 ; transports
Organisation de coopération et de développement économiques (O.C.D.E.), Paris.
- (26) PRAT J.C. (1974) - Carte de l'évapotranspiration Turc potentielle 1/10 000 000 (Sénégal, Mauritanie, Mali, Niger, Haute-Volta, Tchad). Arch. C.I.E.H., Ouagadougou.

- (27) ROCHE M., RODIER J. et SIRCOULON J. (1975) - Aspects météorologique et hydrologique des sécheresses continentales. Note 15, 16 août 1975 - ORSTOM.
- (28) ROCHETTE C., (1974) - Le bassin du fleuve Sénégal. Monographie hydrologique ORSTOM n° 1.
- (29) RODIER J.A. (1975) - Evaluation de l'écoulement annuel dans le Sahel tropical africain - Travaux et documentation de l'ORSTOM n° 46.

NOTICES PAR PAYS

- **Cameroun**
- **Gambie**
- **Haute-Volta**
- **Mali**
- **Mauritanie**
- **Niger**
- **Sénégal**
- **Tchad**

CAMEROUN

RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DU NORD-CAMEROUN

1 - CADRE GEOGRAPHIQUE

La carte couvre la partie du territoire camerounais située au Nord du parallèle 7°30 de latitude nord, soit environ 96 000 km².

Elle distingue deux unités morphologiques :

- la plaine tchadienne au Nord de Maroua,
- les reliefs des monts Mandaras et du bassin de la Benoué, au Sud.

2 - AQUIFERES GENERALISES

. PLIOQUATERNAIRE (28/30/31) * :

La partie la plus septentrionale du Cameroun est une plaine inondable sur des surfaces importantes par les déversements des crues du Logone. L'alluvionnement est intense en aval de Bongor, en raison du faible gradient topographique, et le lit du fleuve s'en trouve relevé au-dessus de la plaine environnante.

Les débits de crue de 1800 m³/s à Bongor, diminuent jusqu'à 850 m³/s à Birni par épandage et, pour une faible part, par infiltration alimentant la nappe phréatique.

Celle-ci est contenue dans les passées sablo-argileuses des alluvions plio-quaternaires. Il faut aussi noter, sur l'ensemble de la plaine tchadienne, l'existence de petites nappes subsuperficielles piégées dans des cordons sableux en rapport avec d'anciens lits de cours d'eau temporaires (Mayos). Ces nappes subsuperficielles surmontent la série alluvionnaire qui peut, soit être stérile jusqu'au substratum, soit participer en profondeur à l'aquifère général ; il y a alors superposition de deux nappes séparées par des niveaux semipermeables. Ces nappes subsuperficielles, perchées dans certains cas, sont souvent saisonnières.

- La nappe plio-quaternaire peu profonde (quelques mètres sous la surface du sol) dans la zone d'inondation du Logone ("Yaérés"), s'approfondit vers l'Ouest jusqu'à 60 m sous le sol dans des dépressions piézométriques similaires à celles connues ailleurs en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mauritanie, Tchad, Mali ...).

* Numéro de référence porté sur la carte pour caractériser un aquifère.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv. ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouv. natur. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
10 à 100	23 440	1 160	50

Coefficient S (10^{-2})	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm^3/km^2)	Surface (km^2)	Volume réserve exploitable (Mm^3)
1 à 10	1/3 épaisseur saturée	0,05 à 5,00** 0,26 à 0,53***	23 440	6 160-12 540

- La nappe moyenne sous pression (28/30/31) : La base de la série fluviolacustre précédemment décrite renferme dans des niveaux sableux, une nappe captive, appelée "Nappe moyenne sous pression des formations du Tchad". Mise en évidence le long de la frontière du Nigéria, son toit s'approfondit du SW au NE sous plus de 250 m de comblement argileux. La propriété la plus intéressante de cette nappe est son artésianisme autour du Lac Tchad.

Ressources utilisables potentielles

Coefficient S (10^{-2})	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm^3/km^2)	Surface (km^2)	Volume réserve exploitable (Mm^3)
0,2 à 0,8	100 m sous le sol	0,25 à 1,00** 0,35 à 0,70***	10 910	3 850-7 710

CRETACE (29)

La série laguno-lacustre déposée au Crétacé dans le bassin de la Bénoué, présente à sa base des grès arkosiques, des micro-conglomérats et micro-brèches. La nappe qu'ils recèlent peut être artésienne sous l'épais recouvrement marno-schisteux qui les sépare des "Grès de Garoua". Ceux-ci comprennent des grès, arkoses et conglomérats ou brèches à porosité primaire d'interstice, souvent complétée d'une porosité secondaire de fissure bien plus importante qui confère à l'ensemble des propriétés hydrodynamiques localement très intéressantes. La nappe est alimentée par infiltration directe des pluies.

* Valeurs extrêmes.

*** Valeurs pondérées en fonction des surfaces concernées.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouv. natur. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
10 à 100	62 500	3 410	55

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouv. natur. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
50 à 100	9 560	720	75

Coefficient S (10^{-2})	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm^3/km^2)	Surface (km^2)	Volume réserve exploitable (Mm^3)
3 à 5	5	0,10 à 0,25	9 560	960-2 390

3 - AQUIFERES DISCONTINUS (Tableau 2)

SOCLE CRISTALLIN ET CRISTALLOPHYLLIEN (12) :

Les monts Mandaras au Nord, constitués de roches cristallines peu ou pas altérées, ne renferment aucune nappe d'eau souterraine d'importance notable. Les "Mayos" qui les drainent ne collectent en pratique que des eaux de ruissellement et ils ont un régime intermittent étroitement lié aux précipitations. Les seules ressources dignes d'intérêt sont liées aux alluvions lorsqu'elles existent (cf. tableau 2).

Les hauts plateaux cristallins de l'Adamaoua, au Sud du 8ème parallèle, sous un climat plus humide, possèdent une puissante couche d'altération arenique propice au stockage d'eau souterraine.

Cette eau souterraine prend en novembre, à la fin de la saison des pluies, le relais des eaux de ruissellement, ce qui assure aux "Mayos" un écoulement pérenne (débit de base) bien que fort irrégulier.

En résumé, les ressources sont conditionnées par l'état de fissuration ou de broyage par fracturation de la roche-mère en pratique imperméable et par l'existence d'une frange d'altération superficielle conséquente.

Numéro d'inventaire	NOM	COORDONNEES		Profondeur totale en m	Profondeur de l'eau sous le sol en m	Débit en m ³ /h ou m ³ /j	Rabatement en m	NATURE DE L'AQUIFERE
		LATITUDE	LONGITUDE					
C 1	Binder Kaele	10° 03' N	14° 24' E	5,0	2,5	7,2 m ³ /h	10,7	Alluvions
C 2	Badjouma	9° 27'	13° 40'			2,0	0,8	Alluvions
C 3	Dankassa	9° 17'	13° 30'			4,0	1,0	Alluvions
C 4	Beli	9° 15'	13° 28'			2,2	2,0	Alluvions

4 - BIBLIOGRAPHIE

- (1) BISCALDI R. (1968) - Hydrogéologie de la nappe du Logone - Campagne 1967-68 - Rapp. BRGM 68 YAO 003, Arch. Dir. Min. et Géol., Yaoundé.
- (2) BISCALDI R. (1970) - Hydrogéologie de la nappe phréatique du Logone-Chari-Tchad. Rapport de fin de mission (1967-1969). Rapp. BRGM 70 YAO 003 - Arch. Dir. Min. et Geol., Yaoundé.
- (3) BISCALDI R. (1970) - Hydrogéologie de la nappe phréatique du Logone - Chari-Tchad. Compléments hydrodynamiques. Rapp. BRGM 70 YAO 005. Cartes hydrogéologiques de la plaine du Tchad - 1/200 000 - 3 feuilles. Arch. Dir. Min. et Géol., Yaoundé.
- (4) DASSIBAT C. (1961) - Etude hydrogéologique des monts Mandaras - Rapp. BRGM 67 YAO A 6. Arch. Dir. Min. et Géol., Yaoundé.
- (5) LERICI (Fond. ing.) (1967) - Etudes hydrogéologiques au Nord-Cameroun, janvier-mai 1966, décembre 1966, mai 1967 - Rapport final, Milan.
- (6) ORSTOM (1967) - Monographie hydrologique du Logone (6 vol.), Fort-Lamy.
- (7) ORSTOM (1969) - Monographie hydrologique du Lac Tchad (1 vol.), Fort-Lamy.
- (8) PNUD/FAO (1969-1973) - Commission du Bassin du Lac Tchad (Cameroun, Niger, Nigeria, Tchad). Programme des Nations Unies pour le développement, Rome 1973.
- (9) PHILIPPART A. (1966) - Rapport mensuel : Fluctuation des nappes. Rapp. BRGM YAO 66 B 58, Arch. Dir. Min. et Géol., Yaoundé.
- (10) RISLER J.J., et DASSIBAT C. (1965) - Campagne de sondages pour le programme Réfugiés dans le Nord Cameroun. Rapp. BRGM YAO 65 A 7, Arch. Dir. Génie rural, Yaoundé.
- (11) SCHNEIDER J.L. (1968) - Remarques sur les résultats des études géophysiques et des sondages effectués par la Fond. Ing. C.M. LERICI - Rapp. BRGM 69 YAO 001.
- (12) SCHWOERER P. (1963) - Mission M.R.H. Garoua - Compte rendu de reconnaissance sur le Mayo Rey. Rapp. BRGM YAO 63 A 9, Arch. préfecture de la Bénoué.
- (13) SCHWOERER P. (1963) - M.R.H. Garoua - Sondages de reconnaissance pour l'adduction d'eau de Ngaoundere. Rapp. BRGM YAO 63 A 7, Arch. Dir. Trav. Publ., Yaoundé.
- (14) SCHWOERER P. (1964) - Rapport spécial - Dix ans d'activité de la Mission de recherches hydrogéologiques dans le Nord Cameroun. Rapp. BRGM YAO 64 B 48.
- (15) SCHWOERER P. (1964) - Campagne de sondage 1963-1964 pour le programme d'hydraulique villageoise. Rapp. BRGM YAO 64 A 10, Arch. Dir. Genie rural, Yaoundé.

- (16) SCHWOERER P. (1964) - Le bassin du Lac Tchad - Rapp. BRGM YAO 64 A 7.
- (17) SCHWOERER P., DASSIBAT C. et RISLER J.J. (1965) - Rapport final - Mission de recherche hydrogéologique. Rapp. BRGM YAO 65 A 13, Arch. Dir. Min. et Géol., Yaoundé.
- (18) TILLEMENT B. (1968) - Hydrogéologie du bassin quaternaire tchadien au Cameroun - Rapp. Bureau de l'eau n° BE 135, Garoua.
- (19) TILLEMENT B. (1972) - Hydrogéologie du Nord Cameroun - Thèse Sces., Lyon.

GAMBIE

RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DE LA GAMBIE

1 - CADRE GEOLOGIQUE

Ce pays est, du point de vue de ses conditions hydrogéologiques, étroitement lié au fleuve dont il porte le nom. La surface cartographiée est de 10 500 km².

2 - AQUIFERES GENERALISES

La Gambie dans sa totalité fait partie du bassin sédimentaire sénégalo-mauritanien. De ce fait, les aquifères sont généralisés et constituent le prolongement de ceux décrits au Sénégal (Casamance et Gambie), hors les alluvions du fleuve.

. ALLUVIONS DU FLEUVE GAMBIE :

La nappe libre des alluvions argilo-sableuses (localement très perméables) suit les fluctuations du fleuve auquel elle est très liée. Elle se charge en sel en aval dans l'estuaire de la Gambie.

. CONTINENTAL TERMINAL (3) * :

Constitué de grès et de sables argileux hétérogènes, il renferme une nappe qui peut être considérée comme libre en première approximation. La Gambie contribue avec la pluie, à son alimentation.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv. (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouv. natur. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
50 à 150	10 460	1 040	100

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
2 à 8	1/3 épaisseur saturée	0,05 à 5,00*** 0,57 à 1,27****	10 460	5 990-13 300

* Numéro de référence porté sur la carte pour caractériser un aquifère.

*** Valeurs extrêmes.

**** Valeurs pondérées en fonction des surfaces concernées.

. SABLES ET GRES MAESTRICHTIENS (6) :

Les sables et grès plus ou moins grossiers sont de plus en plus argileux vers l'Ouest. Leur épaisseur moyenne est de 200 à 250 m. La profondeur du toit de l'aquifère se situe entre 400 et 500 m sous le sol.

Au droit de Banjul l'aquifère est envahi par l'eau salée qui limite ainsi vers l'Ouest la partie utilisable de la nappe du Maestrichtien.

Ressources utilisables potentielles

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabatement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
0,2 à 0,6	100 m sous le sol	0,10 à 1,00* 0,25 à 0,50***	10 550	2 700-5 420

3 - BIBLIOGRAPHIE

- (1) Hydrological and topographical studies of the Gambia river basin - Final report, ref. 4.047.0 (May 1974), vol. 5: maps, vol. 6: The Gambia provinces groundwater study. Howard Humphreys and sons, Reading, England The United Nations.

* Valeurs extrêmes.

*** Valeurs pondérées en fonction des surfaces concernées.

HAUTE-VOLTA*

* Notice rédigée par le C.I.E.H.

RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DE LA HAUTE-VOLTA

1 - CADRE GEOGRAPHIQUE

Le territoire voltaïque est constitué dans sa majeure partie par une pénéplaine, correspondant à l'affleurement du bouclier libéro-ivoirien. Au Nord et à l'Ouest, les formations transgressives du Primaire à l'Infra-cambrien forment les plateaux du Gourma et de Dedougou. Les formations les plus récentes se situent dans la plaine d'effondrement du Gondo, sur la bordure nord-ouest du pays. La surface cartographiée est de 272 400 km².

2 - AQUIFERES GENERALISES

. CONTINENTAL TERMINAL (18) * :

Des grès à ciment argileux, des argiles et des sables plus ou moins grossiers avec à leur base, un niveau limonitique, constituent le Continental Terminal caractérisé par une grande discontinuité aussi bien verticale qu'horizontale.

Ces formations reposent, dans la plaine du Gondo, sur un substratum schisteux ou dolomitique, dont la frange d'altération ou les niveaux karstifiés, sont en continuité hydraulique avec les formations sédimentaires.

L'épaisseur saturée va de 50 m au Sud-Ouest à 5 m au Nord-Est, où l'aquifère passe latéralement aux dolomies d'Irma.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouvelée (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouvelée, naturel. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équivalente. (mm)
0 à 100	11 380	430	38

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
2 à 5	1/3 épaisseur	0,10 à 0,25	11 380	1 140-2 850

* Numéro de référence porté sur la carte pour caractériser un aquifère.

3 - AQUIFERE DISCONTINUS (12) (tableaux 3a, 3b, 3c, 3d)

. SOCLE PRECAMBRIEN (12)

Constitué de formations volcano-sédimentaires, métamorphisées, composées de schistes, quartzites et roches vertes, il est injecté de granites syntectoniques ou post-tectoniques ainsi que de dolérite et de diverses roches basiques.

Par altération physico-chimique, les granites localement, se trouvent décomposés sur une plus ou moins grande épaisseur en argile et sable (arènes) et acquièrent ainsi une certaine perméabilité donnant lieu à constitution d'aquifères.

Les schistes et roches vertes, par contre, évoluent par altération vers des argiles imperméables. Ce n'est que sous les argiles, dans les 20 à 30 premiers mètres de roche saine, et seulement s'il existe un réseau de fractures ou de fissures, que se localisent les ressources exploitables.

Les quartzites, non altérables, ne sont aquifères que lorsqu'ils sont fracturés ou fissurés.

Les dépôts superficiels; alluvions principalement, constituent localement des aquifères.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv. ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouv. natur. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 50	225 360	3 770	17

. FORMATIONS DU GOURMA (16) et (17)

Elles sont représentées en Haute-Volta, par les assises non métamorphiques du groupe d'Ydouban. Ce complexe sédimentaire de 7 à 800 m d'épaisseur, comprend des schistes argileux, grès, grès quartzitiques, calcaires et dolomies.

Seuls ces deux derniers faciès, parfois assez bien fracturés et karstifiés présentent un intérêt hydrogéologique par leurs ressources non négligeables, mais encore mal reconnues. Leur alimentation par les pluies est pratiquement nulle, quant aux réserves exploitables, l'état actuel des connaissances ne permet pas de les évaluer.

. GRES PRIMAIRES A INFRACAMBRIENS (11)

Ces grès peuvent en dehors des nappes d'altération superficielle, alimenter des sources parfois importantes (source de Kou qui alimente Bobo-Dioulasso avec 2 500 m³/jour - ou 30 l/s - environ) ou des cours d'eau pérennes tels que la Volta Noire. Mais ils sont encore mal reconnus et de ce fait il n'est pas possible d'en évaluer, même grossièrement, les réserves exploitables.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouvelée (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouvelée naturel. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
25 à 100	32 290	1 960	61

Numéro d'inventaire	NOM	COORDONNEES		Profondeur totale en m	Profondeur de l'eau sous le sol en m	Débit en m ³ /h ou m ³ /j	Robottement en m	NATURE DE L'AQUIFERE
		LATITUDE	LONGITUDE					
H 1	Banfara	10° 40' N	4° 45' W			16,5 m ³ /j	53,0	Grès-Cambrien
H 2	Boubara	10° 47'	3° 18'	19,3	4,8	2,0		Granite altéré
H 3	Dolo Toundia	10° 52'	3° 19'	15,0	14,9	0,5		Arène argileuse
H 4	Bondigui	10° 53'	3° 30'	21,6	11,8	1,5		Arène argileuse
H 5	Loto Birifor	10° 56'	3° 22'	12,5	12,4	0,5		Arène argileuse
H 6	Bobo Dioulasso	11° 11'	4° 22'	115,0		20,0	12,6	
H 7	Dano	11° 08'	3° 04'	18,1	14,8	1,0		Cuirasse, argile latéritique
H 8	Dougoumato	11° 13'	3° 46'	30,0	9,6	3,0		
H 9	Kiene	11° 39'	3° 29'	31,0	4,5	0,1	6,5	
H 10	Diebougou	10° 57'	3° 14'	8,0	2,6	1,0		Cuirasse, argile latéritique
H 11	Leo	11° 05'	2° 06'	45,0	6,4	2,1	38,5	
H 12	Leo	11° 06'	2° 06'	32,5	5,6	1,5	15,0	
H 13	Boromo	11° 46'	2° 54'	10,0	1,3	0,2	8,6	
H 14	Po	11° 08'	1° 08'	28,5	4,2	5,0	6,3	Roche verte altérée
H 15	Ranch de Leo	11° 12'	0° 55'	31,9	16,6	4,0	11,0	
H 16	Zabre	11° 11'	0° 38'	24,5	2,1	2,8	22,4	
H 17	Sanogo	11° 43'	0° 33'	28,0	4,0	4,6	21,0	Arène, granite fracturé
H 18	Boussouma	11° 43'	0° 39'	37,0	11,0	3,2	14,2	Granito-gneiss fracturé
H 19	Zigla Koulpele	11° 46'	0° 36'	41,5	7,0	5,1	8,0	Granito-gneiss fracturé
H 20	Tenkodogo	11° 47'	0° 22'	29,1	0,6	7,5	15,0	
H 21	Pakala	11° 47'	0° 35'	20,0	6,8	1,2	9,7	Arène, pegmatite fracturée
H 22	Poestenga	11° 48'	0° 08'	34,0	23,8	0,6	5,7	Granito-gneiss
H 23	Pouswaka	11° 51'	0° 27'	34,0	10,5	2,7	14,0	Granite, quartz fracturé
H 24	Komteoga	11° 51'	0° 38'	32,1	13,0	3,2	15,0	Pegmatite, quartz fracturé
H 25	Loukou	11° 53'	0° 09'	34,5	18,5	1,9	9,0	Pegmatite
H 26	Samando	11° 53'	0° 29'	34,0	17,5	4,8	6,0	Granite fracturé
H 27	Malenga	11° 56'	0° 22'	20,4	4,0	0,4	17,0	Granito-gneiss, quartz
H 28	Peogotenga	11° 58'	0° 12'	26,6	7,4	6,6		Arène granitique
H 29	Safane	12° 08'	3° 14'	50,0	16,0	6,0	21,1	
H 30	Dedougou	12° 29'	3° 28'	36,4	6,0	12,0		
				28,0	5,3	12,0	16,0	
H 31	Sabou	12° 04'	2° 14'	13,5	2,4	6,9	2,8	
H 32	Yako	12° 57'	2° 16'	20,0	5,0	1,7	8,0	Latérite
H 33	Ouagadougou	12° 23'	1° 32'	7,2	2,0	17,0 m ³ /h	5,0	
H 34	Ziniare	12° 33'	1° 18'	36,0	2,6	4,8	9,0	Arène
H 35	Tansablogo	12° 40'	1° 00'	6,4	6,3	10,0 m ³ /j		
H 36	Sabouri Natenga	12° 44'	1° 03'	30,1	29,9	1,0		
H 37	Korsimoro	12° 49'	1° 04'	8,3	8,2	5,0		
H 38	Boalin	12° 50'	1° 06'	14,9	13,0	10,0		
H 39	Ilartenga	12° 52'	1° 17'	27,5	26,2	2,0		
H 40	Bangkiende Bangre	12° 53'	1° 04'	24,4	16,4	10,0		
H 41	Gangargui	12° 53'	1° 10'	11,5	8,8	5,0		
H 42	Goudri	12° 53'	1° 25'	18,8	17,4	3,0		
H 43	Imiougou	12° 54'	1° 17'	12,9	12,2	10,0		
H 44	Soanga	12° 56'	1° 05'	20,9	20,3	10,0		
H 45	Komstinga	12° 57'	1° 22'	22,0	20,5	2,0		
H 46	Pepin	12° 58'	1° 50'	14,5	10,0	20,0		
H 47	Tensobentenga	12° 00'	0° 14'	40,0	13,0	3,6 m ³ /h		Arène granitique
H 48	Dialgayé	12° 00'	0° 23'	32,3	7,3	0,4		Arène granitique
H 49	Kostega	12° 00'	0° 22'	30,2	2,7	4,0	18,3	Aplite et quartz fracturés
H 50	Ouedogo Boken	12° 01'	0° 10'	29,8	8,6	0,5	14,9	Pegmatite compacte
H 51	Nioroleng Tenga	12° 03'	0° 22'	27,5	10,1	4,1		
H 52	Diabo	12° 04'	0° 02'	22,0	9,0	3,0	3,0	
H 53	Gninga	12° 08'	0° 20'	56,7	13,0	3,5	19,0	Arène grenue
H 54	Nedogo	12° 08'	0° 42'	23,0	14,2	2,5	7,2	Granito-gneiss

Numéro d'inventaire	NOM	COORDONNEES		Profondeur totale en m	Profondeur de l'eau sous le sol en m	Débit en m ³ /h ou m ³ /j	Rabottement en m	NATURE DE L'AQUIFERE
		LATITUDE	LONGITUDE					
H 55	Zacro	12° 09' N	0° 16' W	40,2	7,0	2,5 m ³ /h	17,4	Arène grenue
H 56	Kabega	12° 10'	0° 07'	34,5	23,4	0,2		
H 57	Koundougou	12° 11'	0° 10'	34,3	9,6	6,0	10,9	Granito-gneiss et pegmatite fissurés
H 58	Bagbilli	12° 11'	0° 36'	26,8	13,6	2,3	9,0	Granito-gneiss fracturé
H 59	Koibene	12° 12'	0° 08'	23,0	15,5	4,8	3,5	Granito-gneiss fissuré
H 60	Nimpouro	12° 13'	0° 29'	35,7	9,0	5,0	12,5	Aplite fracturée
H 61	Souka	12° 15'	0° 31'	39,3	19,9	4,1	5,7	Granite & Pegmatite
H 62	Pouytenga	12° 16'	0° 25'	21,9	8,0	1,6		Arène granitique
H 63	Zore	12° 16'	0° 27'	32,0	11,0	0,7	9,4	Arène grenue
H 64	Koulwego	12° 19'	0° 38'	36,2	25,6	0,8	6,8	Granito-gneiss fracturé
H 65	Sabse	12° 25'	0° 43'	28,3	15,0	1,2	9,1	Arène sableuse
H 66	Bilanga	12° 28'	0° 06'	15,2		5,0 m ³ /j		
H 67	Kingergo	12° 33'	0° 52'	7,5	6,6	5,0		
H 68	Ziga	12° 38'	0° 48'	24,0	22,1	10,0		
H 69	Boulsa	12° 39'	0° 34'	20,0	4,4	5,5 m ³ /h		
H 70	Samboaga	12° 43'	0° 58'	9,5	9,3	20,0 m ³ /j		
H 71	Ouedegin	12° 45'	0° 46'	37,5	20,9	2,0		
H 72	Tansin	12° 45'	0° 59'	15,0	14,0	5,0		
H 73	Tanyoko	12° 46'	0° 43'	13,5	13,4	4,0		
H 74	Soubeyra	12° 48'	0° 54'	19,1	19,1	0,5		
H 75	Singue	12° 48'	0° 59'	11,2	10,9	2,0		
H 76	Tamwoko	12° 53'	0° 59'	8,1	8,0	10,0		
H 77	Gandi	12° 54'	0° 50'	23,1	17,6	3,0		
H 78	Bogande	12° 57'	0° 09'	22,0	9,2	0,9 m ³ /h	7,0	Arène grenue
H 79	Bogande	12° 58'	0° 09'	25,0	7,7	1,9	9,5	
H 80	Nabisargo	12° 57'	0° 53'	31,0	27,2	7,0 m ³ /j		
H 81	Seguenega	13° 25'	2° 02'	24,0	7,0	1,1 m ³ /h	6,7	Grès argileux
H 82	Ouahigouya	13° 32'	2° 26'	12,0	4,0	55,0		
H 83	Louda	13° 00'	1° 05'	30,2	28,6	5,0 m ³ /j		
H 84	Nessemtenaga	13° 00'	1° 08'	7,3	7,0	10,0		
H 85	Koullou	13° 00'	1° 35'	11,5	11,0	6,0		
H 86	Boken	13° 00'	1° 48'	6,6	6,4	10,0		
H 87	Tanguin	13° 01'	1° 52'	11,5	10,3	6,0		
H 88	Sirgui	13° 02'	1° 14'	11,6	10,8	10,0		
H 89	Nabmasa	13° 02'	1° 28'	33,1	27,2	30,0		
H 90	Zeko	13° 04'	1° 18'	10,0	9,8	5,0		
H 91	Galla	13° 04'	1° 30'	15,7	14,8	5,0		
H 92	Dakouli	13° 04'	1° 49'	7,8	7,0	8,0		
H 93	Kaya	13° 05'	1° 05'	6,4	2,9	4,0 m ³ /h	3,4	
H 94	Goren	13° 05'	1° 25'	11,0	9,0	1,0 m ³ /j		
H 95	Sanga	13° 05'	1° 29'	9,0	7,5	20,0		
H 96	Arouesma	13° 06'	1° 16'	12,9	9,7	10,0		
H 97	Faka	13° 09'	1° 01'	14,9	12,3	2,0		
H 98	Nakombogo	13° 09'	1° 24'	6,4	6,2	7,0		
H 99	Goungen	13° 10'	1° 18'	21,1	21,0	10,0		
H 100	Katombaogho	13° 11'	1° 02'	24,3	24,2	10,0		
H 101	Roumtinga	13° 14'	1° 14'	19,7	19,6	2,0		
H 102	Lessitinga	13° 14'	1° 21'	15,4	14,2	4,0		
H 103	Santaba	13° 16'	1° 15'	15,0	14,3	4,0		
H 104	Tikare	13° 16'	1° 44'	25,0	7,0	0,3 m ³ /h	8,0	Cuirasse latéritique
H 105	Kongoussi	13° 19'	1° 33'	30,0	6,6	3,0	8,2	Grès argileux
H 106	Barsalogho	13° 22'	1° 04'	28,0	2,5	1,5	20,2	Granite fissuré
H 107	Pobemengao	13° 54'	1° 46'	6,5	2,0	0,3	4,3	
H 108	Tibtenga	13° 04'	0° 48'	19,2	17,1	4,0 m ³ /j		

Numéro d' inventaire	NOM	COORDONNEES		Profondeur totale en m	Profondeur de l'eau sous le sol en m	Débit en m ³ /h ou m ³ /j	Rabotement en m	NATURE DE L'AQUIFERE
		LATITUDE	LONGITUDE					
H 109	Poulalle	13° 05' N	0° 51' W	13,2	9,1	5,0 m ³ /j		
H 110	Ouidlao	13° 10'	0° 47'	26,3	23,3	12,0		
H 111	Noaka	13° 12'	0° 56'	14,0	12,0	10,0		
H 112	Douaga	13° 13'	0° 43'	6,4	5,8	7,0		
H 113	Firka	13° 15'	0° 45'	8,2	7,9	8,0		
H 114	Sambin Nabitenga	13° 15'	0° 53'	29,8	25,8	10,0		
H 115	Ounkotolgha	13° 21'	0° 46'	4,7	4,2	3,0		
H 116		14° 01'	1° 39'	7,6	2,2	0,6 m ³ /h	5,3	
H 117	Djibo	14° 06'	1° 37'	31,0	12,0	0,3	1,2	
H 118	Baraboule	14° 12'	1° 51'	10,5	0,9	0,1	9,5	
H 119		14° 18'	1° 41'	22,0	6,5	0,5	1,0	
H 120	Bouro	14° 19'	1° 26'	11,8	4,7	0,6	6,0	
H 121	Dori	14° 02'	0° 02'	10,0	6,0	0,05	3,9	
H 122	Aribinda	14° 13'	0° 52'	14,0	6,0	0,3	7,0	Arène et granite fissuré
H 123	Christine (forage)	14° 57'	0° 44'	129,0	41,0	10,0	0,03	Dolomie karstifiée, cavernes
H 124	Christine (Expl.)	14° 57'	0° 44'	76,0	41,4	100,0	0,3	Dolomie fissurée
H 125	Sondage N W	14° 58'	0° 48'	100,0	42,2	6,0	22,0	Dolomie fissurée
H 126	Tinhrassan	14° 59'	0° 12'	44,0	13,0	5,4	8,5	Dolomie karstifiée
H 127	Tambao	14° 50'	0° 08' E	167,0	21,5	8,2	44,0	Dolomie compacte
H 128	Batibougou	12° 53'	0° 47'	8,5		0,4 m ³ /j		
H 129	Gongolindi	12° 03'	1° 35'	7,6		5,0 m ³ /h		
H 130	Sakongo	11° 45'	0° 05'			1,0		
H 131	Kisboquin	11° 40'	0° 04'			1,0		
H 132	Pama	11° 13'	0° 41'	26,0	4,0	4,7	9,2	Arène roche verte
H 133	Moobinlogre	12° 10'	0° 01' W	13,2	7,7	15,0 m ³ /j		Arène granitique
H 134	Sisse	11° 04'	0° 30' E	1,8	1,7	0,5		Sable grossier
H 135	Koultianga	11° 07'	0° 15'	0,4	0,3	1,0		Sable
H 136	Diabigayanga	11° 07'	0° 33'	1,9	1,5	9,0		Gravier argileux et boulders granitiques
H 137	Nadiougou	11° 10'	0° 51'	2,3	2,2	1,0		Argile et gravier quartzeux
H 138	Nabangou	11° 13'	0° 31'	3,4	3,3	3,0		Sable grossier
H 139	Maleguin	11° 22'	0° 09'	2,3	2,1	1,0		Sable grossier
H 140	Karioguin	11° 35'	0° 07'	0,5	0,3	5,0		Sable et gravier latéritiques
H 141	Nassalogue	11° 42'	0° 04'	7,2	4,8	15,0		Granodiorite altérée
H 142	Boungou	11° 42'	0° 29'	1,6	1,5	1,0		Arène granitique
H 143	AGoualalogue	11° 48'	0° 05'	3,5	3,3	5,0		Sable feldspathique
H 144	Kankantiana	11° 53'	0° 27'	3,4	2,8	15,0		Sable et gravier latéritiques
H 145	Louantaga	11° 55'	0° 18'	3,0	0,5	5,0		Arène granitique
H 146	Singou	11° 18'	1° 02'	3,3	3,2	0,2		Sable grossier
H 147	Momba	11° 20'	1° 12'	2,6	2,5	1,5		Boulders de grès - quartzite
H 148	Tougou	11° 29'	1° 18'	4,4	3,8	1,0		Sable grossier
H 149	Arli	11° 33'	1° 28'	4,0	3,9	0,1		Argile latéritique
H 150	Kompongou	11° 35'	2° 02'	3,0	2,8	0,2		Gravier
H 151	Logobou	11° 36'	1° 40'	4,8	4,7	9,6		Argile sableuse, graviers latéritiques
H 152	Bodiaga	11° 48'	1° 52'	2,2	2,0	0,1		Argile sableuse
H 153	Maadina	11° 49'	1° 42'	6,7	6,4	12,0		Migmatite altérée
H 154	Kogole	11° 52'	1° 47'	6,9	6,8	1,0		Argile latéritique sableuse
H 155	Boukpa	12° 01'	0° 10'	1,7	1,6	0,2		Sable argileux et latérite
H 156	Tambiga	12° 01'	0° 40'	2,6	2,3	10,0		Sable grossier
H 157	Naboudaga	12° 02'	0° 57'	2,7	2,6	3,0		Sable et gravier latéritiques
H 158	Fada N'Gourma	12° 04'	0° 22'	10,9	9,0	80,0		Chloritoschistes altérés
H 159	Fafa N'Gourma	12° 04'	0° 22'	17,9	12,5	5,0		Orthoamphibolite altérée
H 160	Potyamanga	12° 05'	0° 27'	9,6	2,7	30,0		Sable grossier
H 161	Komadougou	12° 09'	0° 19'	15,7	13,9	10,0		Diabase altérée
H 162	Nabouda	12° 09'	0° 33'	7,1	6,9	10,0		Sable grossier

Numéro d'inventaire	NOM	COORDONNEES		Profondeur totale en m	Profondeur de l'eau sous le sol en m	Débit en m ³ /h ou m ³ /j	Rabatement en m	NATURE DE L'AQUIFERE
		LATITUDE	LONGITUDE					
H 163	Youtenga	12° 14'	N 0° 03'	W 13,5	8,2	15,0 m ³ /j		Arène granitique et pagmatite
H 164	Fwannbouani	12° 14'	0° 48'	7,2	6,9	5,0		Sable et gravier latéritiques
H 166	Bogoli	12° 17'	0° 32'	8,8	4,5	2,0		Arène granitique
H 168	Kourgou	12° 20'	0° 41'	6,8	6,3	9,0		Sable
H 169	Comonpouma	12° 32'	0° 48'	5,9	5,4	9,0		Sable et gravier latéritiques
H 171	Nyafwana	12° 48'	0° 42'	7,8	7,6	1,2		Sable argileux
H 172	Madyabari	12° 50'	0° 25'	8,4	7,5	8,0		Alluvions non calibrées
H 173	Dyamondi	12° 55'	0° 58'	7,0	6,6	2,0		Sable et gravier latéritiques
H 174	Diamanga	12° 02'	1° 18'	2,8	2,3	10,0		Sable grossier
H 175	Boadeni	12° 03'	1° 10'	6,4	6,2	2,0		Sable grossier argileux
H 176	Tyanti	12° 07'	1° 00'	7,6	6,4	5,0		Migmatite et pegmatite
H 177	Youmanli	12° 25'	1° 40'	8,0	7,6	3,0		Sable grossier
H 178	Santiadi	12° 20'	1° 28'	8,7	7,9	1,0		Argile sableuse et gravier latéritique
H 179	Folpoua	12° 23'	1° 19'	7,6	5,8	10,0		Sable argileux
H 180	Souleboukiari	12° 25'	1° 06'	5,0	0,1	3,0		Argile sableuse
H 181	Nbakiari	12° 26'	1° 22'	4,9	4,3	1,0		Migmatite altérée
H 182	Brimoanga	12° 26'	1° 33'	5,8	5,4	5,0		Sable grossier
H 183	Natiadi	12° 32'	1° 27'	9,7	9,5	2,0		Sable et gravier latéritiques
H 184	Gado	12° 32'	1° 43'	4,5	4,4	2,0		Sable et gravier latéritiques
H 185	Falempiem	12° 35'	1° 25'	10,0	9,8	4,0		Sable et gravier latéritiques
H 186	Dassali	12° 37'	1° 07'	6,1	5,9	10,0		Sable argileux

4 - BIBLIOGRAPHIE

- (1) ARCHAMBAULT J. (1954) - Quelques aspects de l'hydrogéologie de la Haute-Volta. Rapp. BURGEAP R. 175, Arch. Serv. Hydraul., Dakar.
- (2) A.S.E.C.N.A. (1966) - Aperçu sur le climat de la Haute-Volta. Service météorologique de l'ASECNA. Ouagadougou.
- (3) BENAMOUR A. (1972) - Hydrogéologie de la région du Liptako-Gourma. Publ. C.I.E.H., Série hydrogéologique, Ouagadougou.
- (4) BERAUD J.F. (1974) - Inventaire des ressources en eaux souterraines du cercle de Diebougou. Rapp. Burgeap R 114, Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (5) BERGER L. (1964) - Reconnaissance géohydrologique. Cercles de Ziniaré, Kaya, Barsalogho, Djibo. République de Haute-Volta. USAID.
- (6) BIZE J. (1966) - Application d'observations géomorphologiques et hydrodynamiques à la prospection des nappes des terrains d'altération en Côte d'Ivoire et en Haute-Volta. Rapp. BURGEAP R. 413. Arch. C.I.E.H., Ouagadougou.
- (7) CAUDRON M. (1973) - Inventaire des ressources en eau souterraine du cercle de Dédougou (Haute-Volta). Rapp. BRGM 73 OUA 001, Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (8) C.G.G. (1966) - Prospection électrique pour l'alimentation en eau de 20 centres de Haute-Volta (28 Déc. 1965 - 20 juin 1966). Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (9) C.G.G. (1966) - Prospection électrique dans l'Oudalan (mai-juillet 1966). Arch. Dir. Géol. et Min., Haute-Volta.
- (10) C.G.G. (1969) - Prospection par sismique réfraction à Ouagadougou. Décembre 1968. Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (11) CHAPOUTOT G. () - Essai de débit du puits de l'Hôpital de Fada-N'Gourma. Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (12) COMPAORE J.M. et NATAMA J. (1970) - Etudes hydrogéologiques dans l'Oudalan. Campagne du 1/4/70 au 15/6/70. P.N.U.D. Projet UPV-10.
- (13) COMTEC (1968) - Enquête sur les ressources minières et les ressources en eaux souterraines en Haute-Volta. Etudes hydrogéologiques. Rapport de fin de travaux. (7 t. et pl.)
 - 1 - Exposé général
 - 2 - Etude des villages du cercle de Koupéla
 - 3 - Etude des villages du cercle de Tenkodogo
 - 4 - Etude des villages du cercle de Garango
 - 5 - Etude des villages du cercle de Zabré
 - 6 - Etude des villages du cercle de Manga
 - 7 - Etude des villages du cercle de ZorghoP.N.U.D. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.

- (14) CORNET G. (1964) - Etude de pré-reconnaissance destinée à l'élaboration d'un programme concernant l'alimentation en eau de 18 centres (Haute-Volta). Rapp. BRGM, Arch. Communauté économique européenne.
- (15) DAVID J. (1966) - Reconnaissance hydrogéologique du centre de Tenkodogo. Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (16) DAVID J., JEHL J.P. et ROUMY A. (1966) - Reconnaissance hydrogéologique du centre de Diapaga. Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (17) DERREAL Y. (1965) - Données hydrogéologiques de base pour l'équipement de cinq cercles dans le Sud de la Haute-Volta (Garango-Koupéla-Manga-Pô-Tenkodogo). Rapp. BURGEAP R. 357 Dir. Géol. et Min., Haute-Volta.
- (18) DERREAL Y. (1965) Données critiques sur la campagne de puits villageois encadrée par la SATEC en Haute-Volta, Rapp. BURGEAP R. 396 - Minist. Coop., Paris.
- (19) DERREAL Y. (1965) - Données hydrogéologiques de base pour l'équipement des cercles de Léo et de Zabré. Aperçu statistique des résultats de l'inventaire des points d'eau. Rapp. BURGEAP R. 397 Dir. Géol. et Min., Haute-Volta.
- (20) DUCCELLIER J. (1953) - Note sur les nappes phréatiques dans l'arrondissement est de la Haute-Volta. Dir. Féd. Min. et Géol. A.O.F., Dakar.
- (21) DUCCELLIER J. (1956) - Rapport sur l'hydrogéologie de la région de Kaya (Haute-Volta). Rapp. Dir. Féd. Mines et Géol. A.O.F., Dakar.
- (22) DUQUESNOIS H. (1959) - Note sur les aménagements d'hydraulique humaine et pastorale dans les régions nord de la Haute-Volta.
- (23) GAGNIERE G. (1972) - Inventaire des ressources en eaux souterraines des cercles de Kaya et Pissila (Haute-Volta). Rapp. BRGM 72 OUA 001, Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (24) GAGNIERE G. (1973) - Inventaire des ressources en eaux souterraines du cercle de Boulsa (Haute-Volta). Rapp. BRGM 73 OUA 002, Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (25) GEORGE B. (1963) - Etude hydrogéologique des cercles de Houndé et Boromo - Rapp. Burgeap 330 b, Arch. Dir. Géol. et Min., Haute-Volta.
- (26) GRAVOST M. (1966) - Reconnaissance hydrogéologique en vue de l'alimentation en eau de vingt centres hospitaliers ou urbains (Haute-Volta). Rapp. BRGM BOB 66 A 43, Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (27) GRAVOST M. (1968) - Inventaire des ressources en eau souterraine du cercle de Toma. Rapp. BRGM 68 ABI 13 BOB, Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (28) GRAVOST M. (1969) - Reconnaissance hydrogéologique pour l'implantation d'un ranch d'embouche en Oudalan. Rapp. BRGM 69 ABI 004 BOB, Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (29) GRAVOST M. (1969) - Pistes d'évacuation du bétail. Etude hydrogéologique. Itinéraires 6, 7 et 7 bis (Haute-Volta). Rapp. BRGM 69 ABI 005 BOB, Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.

- (30) GRAVOST M. (1970) - Inventaire des ressources en eaux souterraines du cercle de Zorgho (Haute-Volta). Rapp. BRGM 70 ABI 008 BOB, Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (31) GREIGERT J. (1973) - Etudes hydrogéologiques pour l'implantation d'un ranch d'embouche en Haute-Volta - 2ème phase. Rapport de synthèse concernant les forages d'eau dans les formations carbonatées d'Ydouban en Oudalan dans la région de Tin Arkachein. Rapp. BRGM 73 OUA 004, Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (32) GRIVAUX B. (1967) - Sondages de reconnaissance à Ouagadougou. Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (33) GRIVAUX B. (1967) - Exécution de deux sondages de reconnaissance hydrogéologique à Diapaga. Compte rendu de mission. Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (34) H.E.R. (Hydraulique et Equipement rural) (1969) - Note sur les programmes d'études hydrogéologiques et construction de puits en investissement humain en Haute-Volta.
- (35) INTRAFOR (1966) - Campagne de reconnaissance hydrogéologique. Haute-Volta 1966. 52 coupes de forages. Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (36) JEHL J.P. et ROUMY A. (1966) - Pré-reconnaissance hydrogéologique du centre de Fada-N'Gourma. Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (37) JONQUET P. (1967) - Annexe au rapport sur l'Oudalan. Sondage de Tin Hrassan. Arch. Dir. Géol. et Min., Haute-Volta.
- (38) JONQUET P. (1967) - Etude hydrogéologique de l'Oudalan. Rapp. BRGM BOB 67 A 4, Arch. Dir. Géol. et Min., Haute-Volta.
- (39) LAJOINIE J.P. (1958) - Bobo-Dialouso. Sondage de reconnaissance n° 1. Compte rendu. Serv. Géol. et Prosp. Min. A.O.F., Dakar.
- (40) LEMOINE J. (1954) - Hydrologie du Nord-Dori. Rapp. BURGEAP R 178 et 178 bis.
- (41) LEMOINE J. (1957) - Sur l'équipement du Nord-Dori (Haute-Volta) - Rapp. BURGEAP B 231 Serv. Hydraul. Dakar.
- (42) LEMOINE J. (1963) - La mise en valeur des eaux souterraines de la Haute-Volta et l'organisation de la recherche. Rapport de fin de mission, Nations Unies.
- (43) LEMOINE J. (1975) - La mise en valeur des eaux souterraines de Haute-Volta et l'organisation de la recherche. Rapport de mission, Nations-Unies.
- (44) LENK P. (1965) - Exploration hydrogéologique du Nord-voltaïque Markoy-Darkoy-Kouyera (avril - juillet 1965). Arch. Dir. Géol. et Min., Haute-Volta.
- (45) MAILLARY J.C. (1966) - Rapport sur l'inventaire des ressources hydrauliques du cercle de Yako (Haute-Volta). Rapp. BRGM BOB 66 A 38.

- (46) MAILLARY J.C. (1967) - Reconnaissance hydrogéologique du cercle de Koudougou (Haute-Volta). Rapp. BRGM BOB 67 A 05, Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (47) MAILLARY J.C. (1969) - Inventaire des ressources en eau souterraine du cercle de Tougan (Haute-Volta). Rapp. BRGM 69 ABI 002 BOB, Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (48) MOREL J.L. (1975) - L'inventaire des ressources en eaux souterraines de l'ORD du Yatenga. Rapp. BURGEAP R 194, Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (49) OBERLIN J. (1966) - Rapport de fin de mission (du 15 octobre 1962 au 15 juin 1966). Rapp. Assistance technique des Nations Unies.
- (50) ORSTOM (1969) - Etude pédologique de la Haute-Volta. Rapport général de synthèse. Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (51) PALAUSI G. (1957) - Projet d'amélioration de l'adduction d'eau de Bobo-Dialouso. Aspect géologique et hydrogéologique du problème. Rapp. Dir. Féd. Min. et Géol. A.O.F., Dakar.
- (52) PALAUSI G. (1958) - Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des formations primaires au Soudan méridional et en Haute-Volta. Thèse Sces, Nancy ; Bull. Serv. Géol. et Prosp. Min. A.O.F., n° 33, Dakar.
- (53) PIRARD F. (1965) - Reconnaissance hydrogéologique des cercles de Boussé et de Ouagadougou. Rapp. B.R.G.M., Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (54) PIRARD F. (1965) - Pré-reconnaissance hydrogéologique du centre de Pama. Complément à l'étude de pré-reconnaissance destinée à l'élaboration d'un programme concernant l'alimentation en eau de 18 centres. Rapp. BRGM BOB 65 B 6.
- (55) REYNIES E. de (1975) - Hydraulique humaine - Urgence Sahel 1974 - Création de points d'eau dans 26 centres. Rapp. BURGEAP R 195, Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (56) ROCHE J. (1965) - Etude hydrogéologique du cercle de Tenado (Haute-Volta). Rapp. BRGM BOB 65 A 32, Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (57) SAUVEL C. (1969) - Inventaire des ressources en eaux souterraines du cercle de Nouna (Haute-Volta). Rapp. BRGM 69 ABI 003 BOB, Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (58) SCET - COOP (1964) - Alimentation en eau de Ouagadougou. Etudes hydrogéologiques. Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (59) S.I.F. (1961) - Reconnaissance hydrogéologique à Bogandé. Minist. Trav. Publ., Haute-Volta.
- (60) S.I.F. (1961) - Reconnaissance hydrogéologique à Boromo. Minist. Trav. Publ., Haute-Volta.

- (61) S.I.F. (1961) - Reconnaissance hydrogéologique à Léo.
Minist. Trav. Publ., Haute-Volta.
- (62) S.I.F. (1961) - Reconnaissance hydrogéologique à Zabré.
Minist. Trav. Publ., Haute-Volta.
- (63) S.I.F. (1961) - Reconnaissance hydrogéologique à Boulsa.
Minist. Trav. Publ., Haute-Volta.
- (64) S.I.F. (1961) - Reconnaissance hydrogéologique à Dori.
Minist. Trav. Publ., Haute-Volta.
- (65) S.I.F. (1961) - Calcaire de Tin Hrassan. Coupes géologiques des sondages
P.N.U.D. - Arch. Dir. Géol. et Min., Haute-Volta.
- (66) S.I.F. (1961) - Reconnaissance hydrogéologique. Conclusions. Dori-Léo-
Bogandé-Boulsa-Boromo. Minist. Trav. Publ., Haute-Volta.
- (67) SOURISSEAU B. (1969) - Essai de débit du forage de la formation
hospitalière de Barsalogo. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (68) SOURISSEAU B. (1969) - Essai de débit du forage de la formation
hospitalière de Kongoussi. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (69) SOURISSEAU B. (1969) - Essai de débit du puits de Tenkodogo. Dir.
Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (70) SOURISSEAU B. (1969) - Essai de débit du forage de la formation hospi-
talière de Ziniaré. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (71) SOURISSEAU B. (1969) - Essai de débit du forage de la formation hospi-
talière de Pô. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (72) SOURISSEAU B. (1969) - Essai de débit du forage de la formation hospi-
talière de Bogandé. Dir. Hydraul. et Equip. rural, Ouagadougou.
- (73) VADON J. (1975) - Inventaire des ressources en eaux souterraines et
détermination des besoins en eau dans les cercles de Diapaga et
de Fada-N'Gourma. Rapport BRGM 75 ABI 001 OUA. Arch. Dir. Hydraul.
et Equip. rural, Ouagadougou.

MALI*

* Notice rédigée par le B.C.E.O.M.

RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DU MALI

1 - CADRE GEOGRAPHIQUE

Du Sud au Nord, la morphologie générale du Mali peut être sommairement décrite de la manière suivante :

- pénéplaine du bouclier libéro-ivoirien, qui se prolonge en Haute-Volta,
- plateaux de grès infracambriens de Bamako-Bandiagara-Koutiala et plaine de Nioro-Nara,
- vaste plaine alluviale du "delta intérieur" du Bani-Niger,
- de part et d'autre du plateau de Bandiagara, bassin de Ségou et plaine du Gondo constitués de Continental Terminal,
- vaste bassin sédimentaire de Taoudéni qui s'étend au-delà de la frontière mauritanienne.

Le "détroit soudanais" formé de C.T. sépare l'affleurement de socle du bouclier libéro-ivoirien de l'Adrar des Iforas, mettant en communication le bassin de Taoudéni avec le bassin du Niger.

La surface cartographiée est de 807 000 km².

2 - AQUIFERES GENERALISES

. CONTINENTAL INTERCALAIRE (mésozoïque) (15-21a-19/21b) *

Il contient une nappe généralisée exploitable par puits et forages.

Fossé de Nara (15)

Le fossé de Nara accuse 50 à 80 km de large et une profondeur d'environ 200 m dans son axe de flexion. Plusieurs forages exécutés à l'Ouest de la fosse ont recoupé des grès, des formations argilo-sableuses et un conglomérat de base. L'épaisseur des formations aquifères ne dépasse pas 25 m. Les débits obtenus par forage sont de l'ordre de 10 à 15 m³/h pour des rabattements de 20 à 30 m.

L'extension du Continental Intercalaire dans le Fossé de Nara et au Nord de celui-ci, sous le Continental Terminal, étant mal connue, il est difficile d'avancer un ordre de grandeur des réserves exploitables ; il est clair cependant que les ressources renouvelables sont négligeables.

* Numéros de référence portés sur la carte pour caractériser un aquifère.

Continental intercalaire de l'Adrar (21a-19/21b)

D'une extension considérable dans le territoire du Niger, le Continental Intercalaire borde les massifs granitiques précambriens de l'Adrar. Il recèle une nappe continue atteinte vers la profondeur de 120 à 150 m, à la latitude de Menaka.

Le niveau de l'eau sous le sol se situe entre 35 et 60 m. Les débits obtenus par forages profonds de 150 à 200 m sont de l'ordre d'une dizaine de m³/h pour des rabattements compris entre 3 et 10 m.

Ressources utilisables potentielles (21a)

Ressource renouv. (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouv. natur. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 10	10 190	≠ 0	≠ 0

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
5 à 8	10	0,50 à 1,00	10 190	5 090-10 190

Ressources utilisables potentielles (21b avec 19 en recouvrement)

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
0,2 à 0,5	100 m sous le sol	0,10 à 0,50* 0,21 à 0,43***	46 370	9 900-20 360

* Valeurs extrêmes.

*** Valeurs pondérées en fonction des surfaces concernées.

. **CRETACE - EOCENE INFÉRIEUR (19)**

Ces formations marines occupent le détroit soudanais (fossé d'effondrement) et reposent au Nord, sur le massif cristallin de l'Adrar des Ifoghas, au Sud, sur les formations précambriennes du Gourma. Ces formations sont constituées par des sables, argiles et calcaires dans lesquels des forages récents ont démontré la possibilité d'exploiter des débits de l'ordre de la dizaine de m³/h pour des rabattements très variables (10 à 30 m).

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv. (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouv. natur. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 10	15 120	≠ 0	≠ 0

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
1 à 3	5	0,05 à 0,10	15 120	760-1 510

. **CONTINENTAL TERMINAL**

Le Continental Terminal, gréseux et argileux, présente une extension considérable : delta intérieur du Niger, Azaouad et bassin de Taoudeni, plaine du Gondo.

Continental Terminal du delta central (15) :

Directement alimenté par les alluvions quaternaires sur lesquelles s'écoule le fleuve Niger, le Continental Terminal contient la plus grande réserve d'eau souterraine de la République du Mali. La nappe du C.T. s'équilibre avec le plan d'eau permanent du fleuve dont l'altitude varie en étiage de 261 m à Mopti à 257 m à Kabara (port de Tombouctou).

A partir de ce plan d'eau, la nappe, libre, s'écoule dans les formations du C.T. jusqu'à 300 km au Nord du fleuve où elle finit par disparaître sous le double effet des pertes de charges et de l'évaporation à travers un important manteau de sables dunaires secs. La ligne piézométrique accuse une pente moyenne de 1 ‰ à partir du fleuve. La nappe du C.T. est exploitée par des puits de 20 à 35 m dans la région de Ségou, de 50 à 60 m au Nord de Maeina, du lac Faguibine et dans les cercles de Tombouctou et de Gao. La salinité augmente avec l'éloignement du fleuve.

Les forages assurant l'alimentation des principaux centres situés sur les rives du fleuve présentent les caractéristiques suivantes :

Forage	Profondeur du forage (m)	Profondeur de l'eau sous le sol (m)	Débit (m ³ /h)	Rabattement (m)
Segou	75/80		45	30,0
Mopti	75	7,0	38	4,0
Sévaré	33	13,6	15	6,0
Tombouctou	78	14,0	30	3,2

Continental Terminal de l'Azaouad et du Bassin de Taoudeni (15)

D'une extension géographique très importante, le Continental Terminal, formé d'argiles gréseuses bariolées, recouvre les grès et schistes primaires, le Continental Intercalaire et les formations du Crétacé et de l'Eocène du détroit soudanais. Une dorsale (16) constituée principalement de schistes, orientés SW-NE, joue le rôle d'écran à un écoulement vers le Nord de la nappe alimentée par le fleuve. Dans la majorité des cas, la nappe phréatique du C.T. est accessible sous une couverture dunaire de 10 à 50 m par des puits d'une profondeur de 40 à 60 m.

Les techniques artisanales de construction de puits permettent d'obtenir des débits de 0,5 à 3 m³/h, en fonction de la composition granulométrique de l'aquifère, pour 2 ou 3 m de pénétration dans la nappe.

Ressources utilisables potentielles (15)

Ressource renouv. (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouv. natur. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 100	193 270	1 000	5

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
1 à 5	10 (Azaouad) 40 (Delta)	0,10 à 5,0* 0,30 à 0,70***	193 270	63 660-148 810

* Valeurs extrêmes.

*** Valeurs pondérées en fonction des surfaces concernées.

Continental Terminal de la plaine du Gondo (18) (cf. Haute-Volta)

Dans la plaine du Gondo, le C.T. d'une cinquantaine de mètres d'épaisseur (exceptionnellement 120 m dans les fossés d'effondrement des calcaires ou les anciennes dépressions), contient à sa base, au toit des calcaires, une nappe continue à faible débit, drainée par les fractures des calcaires.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv. ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouv. natur. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 50	22 070	450	20

Coefficient S (10^{-2})	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm^3/km^2)	Surface (km^2)	Volume réserve exploitable (Mm^3)
2 à 5	1/3 épaisseur saturée	0,10 à 0,25	22 070	2 210-5 520

. ALLUVIONS QUATERNAIRES (15) :

Alluvion du delta central

Les alluvions argileuses de la cuvette du Niger, reconnues sur une dizaine de mètres d'épaisseur s'étendraient sur une surface de 90 000 km^2 . Elles recouvrent le Continental Terminal.

Sables éoliens de Nara

Les sables éoliens discontinus reposant sur les grès ou les schistes contiennent localement des aquifères de petite dimension, susceptibles d'être alimentés par les eaux de pluie concentrées par ruissellement.

Erg de Tombouctou à Taoudeni

Au Nord du 18ème parallèle, dans la zone comprise entre Tombouctou et Taoudeni, des dunes fixées puis vives recouvrent le Continental Terminal sur des épaisseurs de 30 à 50 m.

3 - AQUIFERES DISCONTINUS (tableaux 4a et 4b)

. LE SOCLE (*Précambrien moyen*) (12)

Les roches franches du socle précambrien de l'Adrar des Ifoghas et du bouclier guinéen, ivoirien, voltaïque, constituées de formations cristallines (granites) métamorphiques (gneiss, schistes, micaschistes, quartzites) sont intrinséquement imperméables.

Elles ne deviennent aquifères que sous certaines conditions d'altération et de fracturation.

Pour les granites, l'altération conduit à la formation d'arènes sableuses et argileuses localement aquifères.

Pour les schistes, l'altération conduit à des argiles imperméables en pratique. La présence d'eau est liée à la fracturation de la roche saine sous la zone d'altération argileuse.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv. ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouv. natur. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 100	147 980	2 230	15

. SEQUENCE SEDIMENTAIRE INFRACAMBRIENNE DU GOURMA (16, 17)

Cette séquence fait partie du groupe d'Ydouban à l'intérieur de la boucle du Niger. Les formations du Gourma se caractérisent par une alternance rapide de schistes argileux, de grès, de quartzites, de conglomérats ainsi que de calcaires et calcaires dolomitiques.

Les grès, les quartzites, les calcaires dolomitiques peuvent être localement aquifères. Des forages de 50 à 100 mètres de profondeur implantés après étude hydrogéologique de subsurface sont susceptibles de fournir des débits de l'ordre de 2 à 10 m^3/h d'une eau dont le résidu sec va de 180 à 400 mg/l.

Les développements karstiques dans les calcaires et calcaires dolomitiques permettent d'obtenir localement des débits plus importants mais la détection de ces zones aquifères demeure problématique même après étude de subsurface approfondie.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv. (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouv. natur. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 10	60 140 (16)	≠ 0	≠ 0

Ressource renouv. (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouv. natur. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 10	22 860 (17)	≠ 0	≠ 0

. LES GRÈS DE L'INFRACAMBRIEN (11)

Grès de Sikasso

Reconnus par un forage, ces grès se sont révélés secs à Sikasso sur une profondeur de 110 mètres. Il s'agit de formations compactes à ciment siliceux et dépourvues de porosité. Aucun forage n'a atteint la base de ces grès qui à Bobo-Dioulasso fournissent 50 m³/h.

Grès de Koutiala, de San, de Tominian

Les formations gréseuses constituant le sous-sol de cette région emmagasinent une nappe d'excellente qualité chimique. La perméabilité des grès est très faible en soi, mais l'existence d'un réseau très développé des fractures et de fissures permet une exploitation relativement aisée de cette ressource.

Sur le plan pratique, des forages implantés sans investigation préalable, traversant en profondeur des masses gréseuses imprégnées d'eau, n'ont de chance d'être productifs que s'ils recoupent une zone fissurée.

Les niveaux piézométriques s'établissent de 3 à 15 m sous le sol.

Grès de Bandiagara

Les grès de Bandiagara sont mal connus. On peut penser qu'ils présentent des caractéristiques hydrogéologiques très voisines de celles des grès de San-Tominian. A Bandiagara, un forage d'une centaine de mètres a recoupé, vers 80 m, une fracture contenant des eaux en charge. Actuellement, le forage fournit 10 à 20 m³/h, pour un rabattement de 20 m.

Grès de Bafoulabé, de Kenieba

Les massifs gréseux des cercles de Bafoulabé, Kenieba (série de Tamboura), ne recèlent en profondeur aucune nappe généralisée.

Les études au sol fondées sur la photogéologie, la géophysique et la géologie de détail, permettent de détecter des sites possibles d'implantation d'ouvrage, liés à la fracturation.

Des forages d'une profondeur de l'ordre de 50 à 60 m, implantés selon ces méthodes d'étude, permettent dans 60 à 70 % des cas de résoudre le problème de l'alimentation en eau des villages (débits de 1 à 10 m³/h).

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv. (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouv. natur. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 100	197 660	9 150	46

. SCHISTES CAMBRIENS DE NARA (13)

Les schistes de Nara sont imperméables dans leur masse. Ainsi un forage de 242 m foncé à Nara est resté sec. Cependant ces schistes sont affectés de fractures et localement il existe des structures pièges liées à cette fracturation.

Les ressources les plus accessibles dans ce secteur sont constituées par les nappes superficielles contenues dans des sables dunaires et les remplissages alluvionnaires.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv. (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouv. natur. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 25	56 630	230	4

. BASSIN DE TAOUDENI (Cambrien au Carbonifère) (14)

Les formations sédimentaires (grès, calcaires et schistes) sont du point de vue hydrogéologique, très mal connues.

Numero d' inventaire	NOM	COORDONNEES		Profondeur totale en m	Profondeur de l'eau sous le sol en m	Débit en m ³ /h ou m ³ /j	Rabatement en m	NATURE DE L'AQUIFERE
		LATITUDE	LONGITUDE					
ML 1	Sikasso	11° 18' N	5° 41' W	104,0	17,0	3,6 m ³ /j	52,0	Latérite et grès
ML 2	Koutiala	12° 20'	5° 35'	6,5	5,5	0,5	0,8	Grès et schistes
ML 3	Dialakoto	12° 45'	11° 02'	62,5	7,3	8,0		
ML 4	Koulikoro	12° 53'	7° 33'	11,4	2,7	10,0		
ML 5	Kenieba	12° 50'	11° 14'	62,5	9,8	1,0		Schistes
ML 6	Gruindissou	12° 57'	11° 06'	29,5	8,2	1,0		Grès-Infracambrien
ML 7	Galassi	12° 58'	11° 05'	36,5	5,0	2,0		Grès-Infracambrien
ML 8	Nanifara	13° 06'	10° 49'	46,0	12,6	5,0		Grès-Infracambrien
ML 9	Koundian	13° 08'	10° 41'	61,0	13,3	0,4		Grès-Infracambrien
ML 10	Soubala	13° 13'	10° 50'	82,0	5,0	0,5		Grès-Infracambrien
ML 11	Kassana	13° 03'	11° 07'	73,5	5,6	0,1		Grès-Infracambrien
ML 12	Sitakily	13° 06'	11° 14'	73,0	6,1	3,0		Schistes - Birrimien
ML 13	Djibrouya	13° 13'	11° 14'	70,0	12,8	3,0		Schistes - Birrimien
ML 14	Sanboula	13° 18'	11° 05'	52,5	5,6	0,2		Grès-Infracambrien
ML 15	Kourouba	13° 23'	11° 00'	74,0	12,7	1,5		Grès-Infracambrien
ML 16	Keniegoulou	13° 29'	11° 34'	50,5	10,2	1,5		Argile sableuse
ML 17	Djimekourou	13° 30'	11° 01'	82,0	4,5	5,0		Grès-Infracambrien
ML 18	Gounfan	13° 30'	11° 08'	55,0	7,8	1,0		Grès-Infracambrien
ML 19	Sadiola	13° 53'	11° 41'	59,5	19,5	1,0		Granite altéré
ML 20	Kolinguemou	14° 01'	10° 52'	33,8	8,0	0,5		Argile sableuse
ML 21	Gangonteri	14° 05'	10° 56'	36,8	7,9	2,0		Argilite
ML 22	Selinnkegni	14° 06'	10° 47'	34,0	7,4	7,0		Grès-Cambrien
ML 23	Godi	14° 14'	10° 38'	12,2	7,0	1,0		Argile sableuse
ML 24	Souroubire	14° 19'	10° 29'	14,1	8,9	1,0		Argile sableuse
ML 25	Demeke	14° 20'	10° 23'	19,0	4,1	2,0		Arène doléritique
ML 26	Loubana	14° 23'	10° 14'	28,3	8,2	1,0		Arène doléritique
ML 27	Bagama	14° 27'	10° 23'	21,8	9,6	1,0		Arène doléritique
ML 28	Diakou	14° 29'	10° 15'	17,1	4,2	1,0		Argile sableuse
ML 29	Segala	14° 33'	10° 59'	23,5	10,6	5,0		Jaspe-Cambrien
ML 30	Dialaka	14° 38'	10° 48'	38,5	8,0	6,0		Grès-Infracambrien
ML 31	Marena	14° 39'	10° 44'	29,5	12,0	7,0		Jaspe
ML 32	Kanguessanou	14° 53'	10° 36'	35,5	10,8	5,0		Argilite et grès
ML 33	Yaguine Banda	14° 59'	10° 36'	41,5	17,9	5,0		Quartzite-Infracambrien sup.
ML 34	Sebetou	14° 20'	11° 31'	52,0	14,0	0,7		Grès-Infracambrien
ML 35	Banzana	14° 25'	11° 30'	53,5	7,4	2,0		Grès-Infracambrien
ML 36	Dag-Dag	14° 35'	11° 26'	50,5	10,7	1,0		Argilite
ML 37	Nioro	15° 10'	9° 40'	17,9	6,6	25,0		
ML 38	Niougomera	15° 05'	10° 30'	50,5	7,2	15,0		Sable argileux
ML 39	Diongaga	15° 05'	10° 52'		11,8	0,1		Grès-Infracambrien
ML 40	Yelimane	15° 07'	10° 34'	50,5	11,8	12,0		
ML 41	Bandiogoula	15° 16'	10° 30'	50,5	9,3	2,0		Argilite et dolomie
ML 42	Kirane	15° 24'	10° 13'	50,5	19,2	0,5		Argilite
ML 43	Tin Marou	15° 18'	1° 18'	89,0	72,1	1,5		Schistes, calcaire
ML 44	Timbadioum	15° 22'	1° 27'	99,0	59,8	0,03		Calcaire
ML 45	In Degdaba	15° 54'	1° 12'	87,0	41,4	0,3		Schistes argileux
ML 46	Ouartin Danen	15° 58'	1° 50'	125,0	53,2	0,2		Schistes argileux
ML 47	Adouf	15° 37'	0° 10'	95,0	39,3	1,5		
ML 48	Kerari	15° 39'	0° 02'	103,0	37,2	0,2		Grès-quartzites
ML 49	Agora II	16° 05'	0° 15'	90,0	65,7	0,03		Quartzites
ML 50	Agora I	16° 06'	0° 14'	87,6	68,4	0,2		Micaschistes
ML 51	In Latan	16° 13'	0° 29'	134,0	63,4	4,0	51,2	Micaschistes
ML 52	Tin Ounan	16° 07'	1° 53'	80,0	46,9	0,6		Calcaire
ML 53	In Akassam	16° 09'	1° 56'	65,0	44,9	1,8	15,0	Calcaire
ML 54	In Boufa	16° 12'	1° 25'	92,0	71,5	3,3	13,0	Calcschistes
ML 55	Tin Daoua	16° 16'	1° 58'	75,5	49,5	1,5	20,0	Calcschistes
ML 56	Tin Ahara II	16° 40'	1° 52'	98,0	60,4	8,0	15,0	Calcaire

Numéro d'inventaire	NOM	COORDONNEES		Profondeur totale en m	Profondeur de l'eau sous le sol en m	Débit en m ³ /h ou m ³ /j	Rabattement en m	NATURE DE L'AQUIFERE
		LATITUDE	LONGITUDE					
ML 57	In Tessalit	16° 42' N	1° 35' W	70,0	52,8	3,1 m ³ /j		Calcaire
ML 58	Tin Tamat	16° 45'	1° 47'	74,0	59,0	1,5	10,0	Micaschistes
ML 59	Tin Echab	16° 26'	2° 05'	116,0	92,1	1,7	5,0	Schistes
ML 60	Tin Natas	15° 13'	1° 18' E	23,4	23,0	0,2		
ML 61	Karaba	12° 53'	4° 52' W	47,5	5,1	1,2		Latérite et grès
ML 62	Tominian	13° 17'	4° 35'	119,5	21,7	3,0		Grès fracturé
ML 63	San	13° 18'	4° 53'	112,2	5,9	12,0		Grès
ML 64	Karana	13° 21'	4° 10'	34,5	14,8	3,3		Sable et dolérite
ML 65	Goumdou	14° 59'	7° 26'	57,0	13,6	3,0	16,0	Schistes
ML 66	Nara	15° 09'	7° 16'	38,0	14,5	6,0	10,0	Schistes
ML 67	Guirel	15° 21'	7° 05'	39,6	4,5	2,0	2,5	Dolérite

4 - BIBLIOGRAPHIE

- (1) ARCHAMBAULT J. (1949) - Les eaux souterraines au Soudan oriental. Rapp. BURGEAP 116. Arch. Serv. Hydraul., A.O.F., Dakar.
- (2) ARCHAMBAULT J. (1951) - Données pour un équipement hydraulique au Sud de la boucle du Niger. Rapp. BURGEAP 133. Arch. Serv. Hydraul. A.O.F., Dakar.
- (3) ARCHAMBAULT J (1953) - Les eaux souterraines de la boucle du Niger. Rapp. BURGEAP 159. Arch. Serv. Hydraul. A.O.F., Dakar.
- (4) AUTHOSERRE C (1973) - Note sur l'inventaire des puits modernes réalisés dans les préfectures du Chari Baguirmi et du Mayo Kebbi. Rapp. BURGEAP R 116. Rapport de mission P.N.U.D., Bamako.
- (5) BELPAUME D. (1957) - Rapport sur le sondage de l'aviation à Gao (n° IRH - 2830) (Soudan). Rapp. Dir. Féd. Mines et Géol. A.O.F., Dakar.
- (6) BELPAUME D. (1957) - Rapport sur le forage de Tin Mangass (n° IRH-3082) (Soudan). Rapp. Dir. Féd. Mines et Géol. A.O.F., Dakar.
- (7) BELPAUME D. (1957) - Rapport sur le forage de Tin-Goumbar (n° IRH 2895) (Soudan). Rapp. Dir. Féd. Mines et Géol. A.O.F., Dakar.
- (8) BELPAUME D. (1958) - Rapport sur les forages de la subdivision de Menaka, cercle de Gao (Soudan). Rapp. Serv. Géol. et Prosp. min. A.O.F., Dakar.
- (9) BELPAUME D. (1959) - Rapport de forages dans le cercle de Gao (Soudan). Rapp. Serv. Géol. et Prosp. min. A.O.F., Dakar.
- (10) BELPAUME D. (1959) - Rapport de la deuxième campagne de forages dans la subdivision de Menaka, cercle de Gao (Soudan). Rapp. Serv. Géol. et Prosp. Min. A.O.F., Dakar.
- (11) BENSE C. (1955) - Rapport de sondage à Nara (Soudan). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. A.O.F., Dakar.
- (12) BENSE C., SAUVEL C. (1960) - Mission hydrogéologique à Ségou (République soudanaise) pour l'alimentation en eau de la ville. Rapp. BRGM, Dakar, Arch. Féd. Mali.
- (13) BENSE C. (1960) - Etude hydrogéologique en vue de l'alimentation en eau de la ville de Kita (République soudanaise). Rapp. BRGM Dakar, Arch. Féd. Mali.
- (14) BISCALDI R. (1974) - Opération arachide. Opération annexe : creusement de puits - Zone Kita-Banamba - Mission préliminaire de reconnaissance Rapport BRGM 74 RME 005 AF - Arch. Dir. Hydraul. et Energie.
- (15) BISCALDI R. et SCANVIC J.Y. (1974) - Opération arachide - Opération annexe : creusement de puits - zone Kita-Banamba - Mission préliminaire de reconnaissance. Annexe : étude photogéologique. Rapport BRGM 74 RME 013 AF. Arch. Dir. Hydraul. et Energie.

- (16) BOURGUET L. (1972) - Projet de mise en valeur des eaux souterraines du Mali. N.T. 188 BURGEAP. Rapport de mission P.N.U.D., Bamako.
- (17) BOURGUET L. et VAILLEUX Y. (1975) - Etude des ressources en eau des zones pastorales de Kayes-Nord.
Rapp. BURGEAP R 199 - Rapport de mission F.A.O., Ombevi, Bamako.
- (18) BOURGUET L. et VAILLEUX Y. (1975) - Projet d'hydraulique pastorale sur le secteur de Nara-EST.
Rapp. BURGEAP R 208 - Rapport de mission F.A.O. Ombevi, Bamako.
- (19) CHAPUIS P., GRAVOST M. et LEROY E. (1972) - Rapport de mission d'hydraulique pastorale dans la région de Mopti. Rapport BRGM. Arch. Min. Production.
- (20) DARS R. (1951) - Rapport sur l'alimentation en eau de l'école normale de Katibougou. Rapp. Dir. Mines A.O.F., Dakar.
- (21) DEFOSSEZ M. (1957) - Rapport de sondages Irma I et II, Sourou I et II (Soudan). Rapp. Dir. Féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (22) DEFOSSEZ M. (1957) - Etude géologique et hydrogéologique de la plaine du Gondo (Soudan) (1955-1957). Rapp. Serv. Géol. et Prosp. Min. A.O.F., Dakar.
- (23) DEGALLIER R. (1959) - Note sur l'opportunité d'un sondage de reconnaissance à Koulikoro. Arch. Serv. Géol. et Prosp. Min. A.O.F., Dakar.
- (24) GEOMINES LTD (1974) - Recherches d'eau dans les grès de la région de San-Tominian (géophysique et forages) - Geological mining consulting - Montreal - Canada.
- (25) KIKOINE J. (1951) - Rapport préliminaire sur le sondage d'Agamor (Soudan). Projet d'emplacement pour le sondage S-2 (In Aouker). Rapp. Dir. Mines AOF, Dakar.
- (26) LEMOINE J. (1955) - Etude de barrages en terre dans le Gourma.
Rapp. BURGEAP 191, Arch. Serv. Hydraul. A.O.F., Dakar.
- (27) LEMOINE J. (1957) - Mission hydrogéologique au Soudan.
Rapp. BURGEAP 230, Arch. Serv. Hydraul. A.O.F., Dakar.
- (28) MARTIN G. (1975) - Recherche hydrogéologique à Diongaga (cercle de Yelimane) hydrogéologie de détail - géophysique - campagne de forage. Rapport BRGM 75 DAK 003. Arch. Dir. Hydraul. et Energie.
- (29) MARTIN G. et PLOTE H. (1975) - Recherches hydrogéologiques dans les cercles de Bafoulabe et Kenieba - hydrogéologie de détail - géophysique - campagne de forages - Rapport BRGM 75 DAK 002. Arch. Dir. Hydraul. et Energie.
- (30) NATIONS UNIES (1975) - Renforcement des services gouvernementaux chargés de découvrir et de mettre en valeur les eaux souterraines du Mali. Conclusions et recommandations - New York.
- (31) OLTRA M. et SAUVEL C. (1974) - Alimentation en eau potable. Reconnaissance géophysique et hydrogéologique de la nappe du Faka (Nioro du Sahel). Rapport BRGM 74 RME 033 AF. Arch. SEURECA.

- (32) PALAUSI G. (1951) - Rapport sur la géologie et l'hydrogéologie de la plaine du Gondo (Soudan). Rapp. Dir. Mines A.O.F., Dakar.
- (33) PALAUSI G. (1953) - Le problème de l'alimentation en eau potable de Mopti (Soudan). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. A.O.F., Dakar.
- (34) PALAUSI G. (1953) - Hydrologie profonde du delta central nigérien (Soudan). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. A.O.F., Dakar.
- (35) PALAUSI G. (1954) - Géologie et hydrologie de la partie méridionale (zone lacustre) de la feuille Tombouctou ouest au 1/1 000 000 (Soudan). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. A.O.F., Dakar.
- (36) PALAUSI G. (1954) - Base aérienne de Tessalit. Prospection hydrogéologique en vue de l'alimentation en eau de l'aérodrome (Soudan). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. A.O.F., Dakar.
- (37) PALAUSI G. (1957) - Rapport sur le forage d'Arabou (n° IRH 3085) (Soudan). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. A.O.F., Dakar.
- (38) PALAUSI G. (1958) - Programme d'hydraulique pastorale dans le cercle de Tombouctou (Soudan) et avis du Service géologique. Rapp. Serv. Géol. et Prosp. Min. A.O.F., Dakar.
- (39) PLOTE H. et MARTIN G. (1974) - Recherche hydrogéologique dans les cercles de Kayes et Yelimane. Hydrogéologie de détail. Géophysique - Campagne de forages - Rapport BRGM 74 DAK 002. Min. Dévelop. Ind. et Trav. publ. Dir. Hydraul. et Energie.
- (40) RADIER H. (1951) - Rapport de fin de sondage Agamor S-1 (Soudan). Rapp. Dir. Mines A.O.F., Dakar.
- (41) RADIER H. (1951) - Rapport de fin de sondage In-Aouker S-2 (Soudan). Rapp. Dir. Mines AOF, Dakar.
- (42) RADIER H. (1952) - Connaissances hydrogéologiques du Soudan oriental. Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (43) RADIER H. (1953) - Connaissance hydrogéologique du Soudan oriental (complément). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (44) RADIER H. (1954) - Sondages reconnaissance et hydrogéologie du détroit soudanais. Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (45) REICHELT R. (1958) - Alimentation en eau du nouveau lotissement et de la ville de Koulikoro (Soudan). Arch. ville de Koulikoro.
- (46) REICHELT R. (1960) - Recherches géologiques et hydrogéologiques dans la boucle du Niger Gourma (campagne fin 1959-1960). Rapp. BRGM Dakar, Arch. Dir. féd. Trav. publ., Féd. Mali.
- (47) REICHELT R. (1963) - Géologie de la bordure sud du Gourma et hydrogéologie du Groupe d'Ydouban. Rapport de fin de mission 1962-1963. Rapp. BRGM DAK 63 A 21.

- (48) REICHELT R. (1970) - Projet de forages et de puits dans le Gourma (Mali). Rapport de fin de campagne 1969-1970. Géologie et hydrogéologie, Rapp. BRGM 70 RME 021, Arch. Gesellschaft für Ingenieurberatung, MBH, Köln, DSBI.
- (49) ROURE J. (1957) - Carte hydrogéologique au 1/1 000 000 du Mali.
- (50) SAUVEL C. (1960) - Etude hydrogéologique en vue de l'alimentation en eau de la ville de Sikasso (Mali). Arch. Dir. Hydraul., Féd. Mali.
- (51) SAUVEL C. (1961) - Etude hydrogéologique pour l'alimentation en eau de la ville de Koutiala (Mali). Arch. Dir. Hydraul., Rép. Mali.
- (52) VASSEUR A. (1956) - Rapport sur le forage de Tin Tenerane (Soudan).
Rapport sur le forage de Djebock (Soudan).
Rapport sur le forage d'Argabeche (Soudan).
Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (53) VILLEMUR J.R. (1967) - Aperçu hydrogéologique sur le bassin de Taoudéni.
In : "Reconnaissance géologique et structurale du Nord du bassin de Taoudéni". Mém. BRGM n° 51.

MAURITANIE

RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DE LA MAURITANIE

1 - CADRE GEOGRAPHIQUE

Seule est cartographiée, la partie du territoire mauritanien située au Sud du 20ème degré de latitude nord, soit sur environ 471 000 km².

2 - AQUIFERES GENERALISES

. ALLUVIONS DU FLEUVE SENEGAL (1) * :

Composées de limons, sables et argiles, elles sont localement très perméables. L'alimentation de la nappe se fait par le fleuve et par la pluie.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv. (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouv. natur. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 25	1 530	20	13

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
1 à 2	5	0,05 à 0,10	1 530	80-150

. SABLES DUNAIRES (2) * :

La dépression de l'Aouker et, plus au Nord, la bordure des grés siliceux primaires, sont recouvertes de sables éoliens où les puits trouvent l'eau entre 20 et 30 m sous le sol. L'alimentation directe est rare par suite de la faible hauteur de pluie. Plus appréciable est l'action des eaux d'épandage issues de la falaise gréseuse du Dhar.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv. (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouv. natur. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 25	128 770	80	0,6

* Numéro de référence porté sur la carte pour caractériser un aquifère.

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
2 à 8	5	0,10 à 0,50* 0,17 à 0,37***	128 770	22 140-47 640

. CONTINENTAL TERMINAL (3) :

La nappe libre et semi-captive se trouve souvent dans deux niveaux de sables et de grès plus ou moins argileux, séparés par une série à tendance argileuse. L'épaisseur du C.T. varie de quelques dizaines de mètres à 100-200 m vers l'Ouest. Le fleuve Sénégal alimente la nappe tout au long de son cours inférieur.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouv. natur. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 10	54 360	≠ 0	≠ 0

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
2 à 8	1/3 épaisseur saturée	0,05 à 2,50* 0,40 à 0,91***	54 360	22 260-49 800

. FORMATION DE L'EOCENE (4b) :

Sous la couverture du Continental Terminal, les grès et sables du Lutétien de la bordure orientale du bassin mauritanien, recèlent une nappe libre généralisée. Au Nord du 18ème parallèle, la surface piézométrique offre la particularité d'être "en creux" (dépression fermée). Au Sud le fleuve Sénégal, alimente la nappe, fait confirmé par la piézométrie. Vers l'Est, dans la zone (9a), les niveaux piézométriques étant sous le mur des formations éocènes, la ressource est celle du substratum schisteux (12).

* Valeurs extrêmes.

*** Valeurs pondérées en fonction des surfaces concernées.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouv. natur. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 10	40 270 (15+9c)	≠ 0	≠ 0

Coefficient S (10^{-2})	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm^3/km^2)	Surface (km^2)	Volume réserve exploitable (Mm^3)
1 à 5	10	0,1 à 0,5 ^{3c} 0,15 à 0,34 ^{3c}	15 820 (15)	2 420-5 350

3 - AQUIFERES DISCONTINUS (tableaux 5a et 5b)

. GRES INFRACAMBRIENS ET PRIMAIRES (10) et (11)

Ce sont des grès plus ou moins argileux qui forment de vastes plateaux à l'Est et au Nord du socle cristallin (12). Ils présentent des faciès très variés, silicifiés, argileux, calcareux et localement des intercalations d'argiles, de calcaires ou de dolomies (10). Les réservoirs traditionnellement exploités sont les franges d'altération superficielles et les alluvions. Mais il existe également des nappes, mal connues, localement captives, vraisemblablement liées aux réseaux de fractures et/ou à certains faciès possédant une perméabilité originelle ou acquise, non négligeable dont les dolomies karstifiées au pied du massif du Tagant et de l'Assaba (10) sont un exemple.

Ressources utilisables potentielles
- Grès précambriens et primaires (10 et 11)

Ressource renouv ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouv. natur. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 25	77 490	130	2

- Nappe des dolomies du pied du massif du Tagant et de l'Assaba (10)

Coefficient S (10^{-2})	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm^3/km^2)	Surface (km^2)	Volume réserve exploitable (Mm^3)
3 à 6	5	0,15 à 0,30	405	60-120

Les ressources renouvelables de l'aquifère (10) proviennent d'une concentration du ruissellement dans un bassin versant étendu et non d'une alimentation directe. Présentement, elles ne sont pas évaluées, mais certainement importantes.

. SOCLE CRISTALLIN ET CRISTALLOPHYLLIEN (12)

Cette série fortement tectonisée à prédominance schisteuse, est injectée de granites, de dolérites et de roches basiques. On tire localement quelque ressource de la frange d'altération et principalement sous le réseau hydrographique à écoulement temporaire. Des nappes de sous-écoulement réalimentées par le ruissellement sont parfois exploitables (Akjoujt).

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouvel. ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouvel. naturel. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 25	57 820	30	0,5

. PELITES DU HODH (13)

Ces roches sont perméables dans les 15 à 20 premiers mètres, grâce à un réseau de diaclases et de fissures, parfois très dense, qui s'accroît fréquemment le long des accidents tectoniques. Des filons de dolérite recourent les pélites et jouent probablement le rôle de drains vis-à-vis des formations d'altération argileuse.

Sous la plaine de l'Aouker, la zone (9b) est constituée par un bombement des pélites qui s'élève au-dessus de la surface piézométrique environnante. Ce domaine, par sa position perchée, est stérile.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouvel. ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouvel. naturel. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 10	50 650	## 0	## 0

Numéro d'inventaire	NOM	COORDONNEES		Profondeur totale en m	Profondeur de l'eau sous le sol en m	Débit en m ³ /h ou m ³ /j	Robottement en m	NATURE DE L'AQUIFERE
		LATITUDE	LONGITUDE					
MR 56	Ahel Baba	16° 32' 00" N	10° 05' 00" W		2,0	3,0 m ³ /j		Alluvions Sables, schistes du Hodh-Cambrien Schistes - Cambrien Schistes - Cambrien
MR 57	Agiert	16° 28' 00"	9° 18' 00"		8,0 (07-56)	0,5		
MR 58	Ayntel Barka	15° 48' 00"	9° 18' 00"		9,0 (05-59)	2,0		
MR 59	Bou Nouara	15° 39' 00"	10° 00' 00"		4,0 (02-60)	0,5 à 2,0		

4 - BIBLIOGRAPHIE

- (1) ABADIE J., DEPAGNE J., GOUZES R., MARTIN A. et PUTALLAZ J. (1969) - Interprétation des variations naturelles du niveau des nappes aquifères en Mauritanie et au Sénégal. Note de synthèse. Rapp. BRGM 69 DAK 7, Arch. CIEH, Ouagadougou.
- (2) ARCHAMBAULT J. (1955) - Etude des diverses nappes de Mauritanie. Rapp. BURGEAP 190 - Arch. Serv. Hydraul. AOF, Dakar.
- (3) ARCHAMBAULT J. (1956) - Etudes pour l'alimentation en eau de la Micuma. Nappes de la région d'Akjoujt. Rapp. BURGEAP 196 - Arch. Serv. Hydraul. AOF, Dakar.
- (4) ARCHAMBAULT J. (1969) - Ressources en eau souterraine de la Kedia d'Idjil. Rapp. BURGEAP R44, Arch. MIFERMA.
- (5) BARRETO M. (1963) - Inventaire des points d'eau et années d'observations climatologiques 1961-62 en Aouker (Mauritanie). Rapp. BRGM DAK 63 A 1, Arch. Serv. G.R., Nouakchott.
- (6) BAUD L. (1942) - Notes hydrogéologiques sur le Sénégal et la Mauritanie. Rapp. Serv. Mines AOF, Dakar.
- (7) BENSE C., DELPY J. et MARCHAND J. (1956) - Aperçu hydrogéologique de de l'Est mauritanien. Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (8) BERKALOFF E. (1963) - Note d'interprétation préliminaire des essais sur le forage d'exploitation de Morzouba en Mauritanie. Rapp. BRGM DS 63 A 3.
- (9) BLANCHOT A., DEGALLIER R., DELPY J., ELOUARD P., RENAUD L. ROCCI G. et SOUGY J., (1957) - L'eau dans l'Ouest mauritanien et le bas Sénégal. Rapp. Serv. Géol. et Prosp. Min. AOF, Dakar.
- (10) BONNET M. (1971) - Note sur les résultats obtenus par des campagnes de sondage hydrogéologique effectuées dans la Kedia d'Ijdill. Présentation d'une phase d'étude par modèle. Arch. MIFERMA. Rapport BRGM 71 RME 27.
- (11) BOURGUET L. (1957) - Etude de l'alimentation en eau de Fort-Frinquet. Rapp. BURGEAP 216. Arch. Serv. Hydraul., AOF, Dakar.
- (12) BOURGUET L. (1963) - Etude hydrogéologique du Sud-Est du Hodh oriental. Rapp. BURGEAP 341. Arch. Serv. Hydraul., Nouakchott.
- (13) BOURGUET L. (1965) - Synthèse hydrogéologique et aménagement hydraulique du Sud-Est Mauritanien. Rapp. BURGEAP R415. Minist. du plan, Nouakchott.
- (14) BOURGUET L. et RIOU V. (1976) - Route Kiffa-Nema - Etude hydrogéologique Rapp. BURGEAP R183. Arch. Minist. Equip., Ncuakchott.
- (15) BOURGUET L. et RIOU V. (1976) - Développement de l'élevage dans le Sud-Est mauritanien. Etude hydrogéologique et implantation de puits nouveaux. Rapp. BURGEAP R188. Arch. Minist. Equip., Nouakchott.
- (16) COUTURE R. (1958) - Tournée géologique de reconnaissance sur des sites de barrage du Haute-Niger (Soudan). Rapp. Serv. Géol. et Prosp. Min. AOF, Dakar.

- (17) DARS R. (1951) - Compte rendu de mission hydrogéologique en Assaba. Dir. des Mines de l'AOF.
- (18) DARS R. (1951) - Rapport de missions hydrogéologiques en Assaba centrale (Mauritanie). Dir. Mines AOF.
- (19) DEGALLIER R. (1955) - Remarques sur les résultats du nivellement de la région de Bennichab (Mauritanie). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (20) DEGALLIER R. (1958) - Note sur l'interprétation des essais des sondages de Morzouba et Hassi el Bagra (Mauritanie). Rapp. Serv. Géol. et Prosp. Min. AOF, Dakar.
- (21) DEPAGNE J. (1963) - Alimentation en eau de Nouakchott. Recherches de ressources nouvelles. Synthèse des observations de la nappe d'Idini et programme de reconnaissance proposé (Mauritanie). Rapp. BRGM DAK 63 A 2, Arch. Serv. Hydraul. Nouakchott.
- (22) DEPAGNE J. (1963) - Exploitation et interprétation des mesures piézométriques effectuées de juillet 1961 à mai 1963 dans le Sud Ouest mauritanien. (vallée du fleuve Sénégal, lac R'Kiz lac d'Aleg). Rapp. BRGM DAK 63 A 14, Arch. Serv. G.R., Nouakchott.
- (23) DEPAGNE J. (1964) - Evolution des nappes d'Akjoujt et d'Atar (Mauritanie). Rapp. BRGM DAK 64 A 7, Arch. Serv. Hydraul. Nouakchott.
- (24) DEPAGNE J. (1964) - Alimentation en eau de Nouakchott. Reconnaissance hydrogéologique dans le région d'Idini. Janvier-juin 1964. Rapp. BRGM DAK 64 A 20, Arch. Serv. Hydraul. Nouakchott.
- (25) DEPAGNE J. et TROMPETTE R. (1964) - Evolution des nappes d'Akjoujt et d'Atar, d'octobre 1963 à mai 1964 (Mauritanie). Rapp. BRGM DAK 64 A 23, Arch. Serv. Hydraul. Nouakchott.
- (26) DEPAGNE J. (1965) - Alimentation en eau de Nouakchott. Reconnaissance hydrogéologique dans la région d'Idini. Travaux complémentaires, novembre-décembre 1964. Rapp. BRGM DAK 65 A 11, Arch. Serv. Hydraul. Nouakchott.
- (27) DEPAGNE J. (1965) - Etude de la frange de transition entre les eaux douces et les eaux saumâtres sur la bordure de la nappe d'Idini (Mauritanie). Rapp. BRGM DAK 65 A 12.
- (28) DEPAGNE J. (1965-1967) - Etude hydrogéologique dans la région d'Idini en vue de l'alimentation en eau de Nouakchott. Thèse Ing. doct. Nancy, 1965 ; Mém. BRGM n° 49, 1967.
- (29) DEPAGNE J. (1967) - Les nappes déprimées d'Afrique occidentale. AIH, Mémoires t. 7, Réunion de Hannover 1965, p. 273-276.
- (30) DEPAGNE J. et GOUZES R. (1967) - Rapport de synthèse exploitant et interprétant les mesures périodiques des niveaux piézométriques effectuées entre mai 1960 et juin 1964 dans le Sud Ouest mauritanien (vallée du fleuve Sénégal, lac R'Kiz, lac d'Aleg). rapp. BRGM DAK 67 A 5, Arch. Serv. G.R., Nouakchott.
- (31) DEPAGNE J. (1969) - Réalisation du dispositif d'exploitation et de surveillance de la nappe de Bennichab (plaine de Touifililt, Mauritanie). Rapp. BRGM 69 DAK 2, Arch. Soc. SPIE-Batignolles.

- (32) ELOUARD P. (1951) - Rapport géologique des sondages de recherches du triangle Aleg-Podor-Kaédi (Mauritanie). Rapp. Dir. Mines AOF, Dakar.
- (33) ELOUARD P. (1951) - Rapport de fin de campagne 1951 sur le Tertiaire et le Quaternaire de la région Aleg-Kaédi-Maghama (Mauritanie). Rapp. Dir. Mines AOF, Dakar.
- (34) ELOUARD P. (1953) - Tertiaire et Quaternaire du Trarza oriental et du Brakna (Mauritanie). Rapport de fin de campagne 1952-1953. Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (35) ELOUARD P., RENAUD L. (1953) - L'eau dans le Sud ouest mauritanien. Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (36) ELOUARD P. (1953) - Etude géologique du sondage de Moutounsi (Mauritanie). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (37) ELOUARD P. (1954) - Contribution à l'étude hydrogéologique de l'Inchiri (Mauritanie). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (38) ELOUARD P. (1954) - Recherches d'eau dans l'Inchiri (Mauritanie). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (39) ELOUARD P. (1954) - Etude hydrogéologique de l'Oued Seguelil (Mauritanie). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (40) ELOUARD P. (1955) - Répertoire des puits et sondages d'Akjoujt et de sa périphérie (Mauritanie). Rapp. Serv. Géol. et Prosp. Min. AOF, Dakar.
- (41) ELOUARD P. (1955) - Etude par sondages des réseaux aquifères de la région d'Akjoujt (Mauritanie) - 1ère partie : le bassin d'Akjoujt. Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (42) ELOUARD P. (1957) - Caractéristiques du réseau aquifère d'Akjoujt (Mauritanie). Rapp. Serv. Géol. et Prosp. Min. AOF, Dakar.
- (43) ELOUARD P. (1957) - Sondages de recherche d'eau dans la région de Hassi el Bagra (Mauritanie). Rapp. Serv. Géol. et Prosp. Min. AOF, Dakar.
- (44) ELOUARD P. (1957) - Interprétation des mesures des puits d'Akjoujt et de sa périphérie (Mauritanie). Rapp. Serv. Géol. et Prosp. Min. AOF, Dakar.
- (45) ELOUARD P. (1959-1962) - Etude géologique et hydrogéologique des formations sédimentaires du Guebla mauritanien et de la vallée du Sénégal. Thèse Sces Paris, 1959 ; Mém. BRGM, n° 7, 1962.
- (46) ELOUARD P. (1973) - Problèmes d'eau et sous-sol de Mauritanie. In : Colloque sur les désertifications, Nouakchott.
- (47) GOUZES R. (1962) - Etudes hydrogéologiques de l'arrière-pays de Kaédi (Mauritanie). Rapp. BRGM DAK 62 A 33, Arch. Serv. G.R., Nouakchott.
- (48) GOUZES R. (1962) - Etude hydrogéologique des sources du Tagant et de l'Assaba. Rapp. BRGM DAK 62 A 32, Arch. Serv. G.R., Nouakchott.
- (49) GOUZES R. (1966) - Etude hydrogéologique des zones à substratum schisteux en Mauritanie. Rapp. BRGM DAK 66 A 11.

- (50) GOUZES R. (1966) - Etude hydrogéologique des palmeraies de l'Adrar. Arch. Serv. G.R., Nouakchott.
- (51) GOUZES R. (1967) - Note sur l'existence de nappes aquifères étendues dans les formations cambro-ordoviciennes du Tagant (République Islamique de Mauritanie). AIH, Mémoires t. 7, Réunion de Hannover 1965, p. 279-282.
- (52) GOUZES R. (1968) - Recherche d'eau dans les terrains sédimentaires au Sud Est de la Kédia d'Idjil. Résultats des travaux de la campagne 1967. Rapp. BRGM 68 DAK 1, Arch. MIFERMA.
- (53) GOUZES R. (1969) - Etude hydrogéologique de la Kédia d'Idjil. Interprétation des études et travaux réalisés de 1956 à 1967. Rapp. BRGM 69 DAK 8, Arch. MIFERMA.
- (54) GOUZES R. (1970) - Problèmes hydrogéologiques du gisement de Tazadit. Connaissance actuelle. Programme de travaux préconisés. Soc. anonyme des Mines de fer de Mauritanie. Rapport BRGM 70 DAK 13.
- (55) GOUZES R. (1971) - Recherches d'eau dans les formations antécambriennes et paléozoïques du Sud de la Kédia d'Idjil. Résultats des travaux de la campagne 1968 (Mauritanie). Rapp. BRGM 71 RME 024, Arch. MIFERMA.
- (56) GOUZES R. (1971) - Recherches d'eau dans la Kédia d'Idjil. Résultats de la campagne de sondages 1969-1970 (Mauritanie). Rapp. BRGM 71 RME 027, Arch. MIFERMA.
- (57) GRAVOST M. (1965) - Reconnaissance hydrogéologique de la nappe de Bennichab (Mauritanie). Rapp. BRGM DAK 65 A 6, Arch. Serv. Hydraul., Nouakchott.
- (58) LALEYE J. (1964) - Etude hydrogéologique de la nappe phréatique du haut delta du fleuve Sénégal (Sénégal-Mauritanie). Rapp. BRGM DAK 64 A 18, Arch. Mission d'Aménagement du fleuve Sénégal (M.A.S.) St Louis.
- (59) LALEYE J. (1965) - Interprétation des fluctuations des nappes du haut delta du fleuve Sénégal (Sénégal-Mauritanie). Rapp. BRGM DAK 65 A 24, Arch. Mission d'Aménagement du fleuve Sénégal (M.A.S.) St Louis.
- (60) LELONG F. (1967) - Etude hydrogéologique du Hodh central oriental. Rapp. BURGEAP 300. Arch. Serv. Hydraul. AOF, Dakar.
- (61) LEMOINE J. (1957) - Etude hydrogéologique sur l'alimentation en eau d'Atar. Rapp. BURGEAP 228. Arch. Serv. Hydraul. AOF, Dakar.
- (62) LEMOINE J. (1958) - Hydrologie de la région de Kiffa. Etude d'une partie des aménagements hydrauliques. Rapp. BURGEAP 236. Bur. Coord. Hydraul. AOF, Dakar.
- (63) LEMOINE J. (1962) - Ressources aquifères du bassin d'Akjoujt et des bassins avoisinants. Rapp. BURGEAP 308. Arch. MICUMA.
- (64) MAGNAN M. (1958) - Rapport concernant le nivellement de la nappe des calcaires éocènes située à l'Est de Boutilimit (Mauritanie). Rapp. Serv. Géol. et Prosp. Min. AOF, Dakar.

- (65) MARTIN A. (1969) - Alimentation en eau de Nouadhibou. Données nouvelles sur la nappe du Continental terminal. Rapp. BRGM 69 DAK 9, Arch. Dir. Serv. techniques, Nouakchott.
- (66) MARTIN G., PILET Ph. et MADELAINE B. (1973) - Etude du tracé de la route Boutilimit-Kiffa (République islamique de Mauritanie). Rapport hydrogéologique concernant les études et recherches d'eau pour la construction de la route. Hydrogéologie de détail. Géophysique. Campagne de sondages. Rapp. BRGM 73 RME 024 AF, Arch. BCEOM.
- (67) PALAUSI G. et RENAUD L. (1952) - Prospection hydrogéologique de l'Inchiri en vue de l'alimentation en eau de la mine de cuivre d'Akjoujt (Mauritanie). Etude hydrogéologique du forage de Bennichab II (Mauritanie). Rapp. Dir. Mines AOF, Dakar.
- (68) PALOC H. (1960) - Etude de la nappe phréatique du lac d'Aleg (Mauritanie). Rapp. BRGM Dakar, Arch. Serv. G.R., Nouakchott.
- (69) PALOC H. (1960) - Campagne d'implantation de piézomètres sur la rive droite du Sénégal (avril-juillet 1960). Rapp. BRGM Dakar, Arch. Serv. G.R., Nouakchott.
- (70) PALOC H. (1962) - Connaissance hydrogéologique de la Mauritanie en 1962. Rapp. BRGM DAK 62 A 46, Arch. Dir. Plan, Nouakchott.
- (71) PALOC H. (1962) - Carte hydrogéologique du bassin sud ouest mauritanien au 1/500 000 et notice explicative. Edit. BRGM, Arch. Dir. Plan, Nouakchott.
- (72) PUTALLAZ J. (1963) - Alimentation en eau de Port-Etienne. Etudes hydrogéologiques des nappes du Tirersioum. Reconnaissance de l'aquifère profond dans la région de Bou Lanouar. Rapp. B.R.G.M. DAK 63 A 8, Arch. Serv. Hydraul., Nouakchott.
- (73) RENAUD L. (1954) - Etudes hydrogéologiques diverses au Tagant (Mauritanie). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (74) RENAUD L. (1956) - Etude par sondages des réseaux aquifères de la région d'Akjoujt (Mauritanie) - 2ème partie : les bassins des oueds Tomati, Kempché et Tabrinkout. Essais spéciaux, conclusions. Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (75) RENAUD L. (1956) - Hydrogéologie des bordures des plateaux primaires du Tagant et de l'Assaba (Mauritanie). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (76) RIOU V. (1974) - Route Kiffa-Nema. Etude photogéologique. Rapp. BURGEAP 129, Arch. Dir. Equip., Nouakchott.
- (77) RIOU V. (1976) - Inventaire des points d'eau dans le Sud mauritanien en 1974-1975. Rapp. BURGEAP R 186. Arch. Minist. Equip. Nouakchott.
- (78) ROUSSEL P. (1968) - Notice explicative de la carte de reconnaissance hydrogéologique de la Mauritanie au 1/1 000 000. Serv. Eaux souterraines, Nouakchott.

- (79) TROMPETTE R. (1962) - Etude géologique et hydrogéologique de la bordure occidentale de l'Adrar de Mauritanie. Rapp. BRGM DAK 62 A 2, Arch. Dir. Trav. Publ., sect. Hydraul., Nouakchott.
- (80) TROMPETTE R. (1962) - Etude géologique et hydrogéologique de l'Adrar de Mauritanie. Rapp. BRGM DAK 62 A 45, Arch. Dir. Trav. Publ., Nouakchott.
- (81) TROMPETTE R. (1964) - Alimentation en eau d'Atar. Sondages et prospection hydrogéologique (Adrar Mauritanie). Février-mai 1964. Rapp. BRGM DAK 64 A 24, Arch. Serv. Hydraul., Nouakchott.

NIGER

RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DU NIGER

1 - CADRE GEOGRAPHIQUE

Les ressources sont cartographiées sur le territoire nigérien, au Sud du 20ème degré de latitude nord, soit sur environ 988 900 km².

2 - AQUIFERES GENERALISES

. CONTINENTAL TERMINAL DU BASSIN NIGERIEN (20) :

C'est un ensemble de grès argileux et d'argiles où s'individualisent des sables bien classés. La nappe superficielle libre (phréatique) contenue dans les niveaux supérieurs de cet ensemble s'étend dans tout le bassin.

Dans la partie orientale, deux nappes captives sous-jacentes forment avec la précédente un système multicouche.

Dans un but de simplification pour l'évaluation des ressources ce système multicouche a été assimilé à un aquifère généralisé libre.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouv. natur. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 50	96 100	1 220	13

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
1,0 à 8,0	1/3 épaisseur saturée	0,05 à 5,0** 0,41 à 0,95***	96 100	39 770-91 510

. CONTINENTAL INTERCALAIRE (21a-21b et 19) :

C'est une importante série continentale épaisse de 500 à 700 m, composée de grès, grès argileux, sables et argiles.

La série est affleurante dans la zone (21a) et recouverte, dans les zones 19/21b et 20/21b, par un toit argileux imperméable (Crétacé, Paléocène), mettant la nappe en charge. L'épaisseur de ce toit peut atteindre 600 m sous la zone 20/21b (Crétacé, Paléocène, Continental Terminal).

Un important phénomène d'artésianisme met en valeur la situation topographique privilégiée des vallées du Dallol, par rapport aux plateaux environnants du bassin du Niger.

** Valeurs extrêmes

*** Valeurs pondérées en fonction des surfaces concernées

Bien que mal reconnus, ces grès dans la région du Tegama, laissent prévoir de très importantes réserves encore non exploitées car trop profondes.

Ressources utilisables potentielles (21a)
- Nappe libre (21a)

Ressource renouv ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouv. natur. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 50	222 660	650	3

Coefficient S (10^{-2})	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm^3/km^2)	Surface (km^2)	Volume réserve exploitable (Mm^3)
5,0 à 10,0	10	0,5 à 1,0	222 660	111 330-222 660

- Nappe captive (21a avec 20, 21b et 19 en recouvrement)

Coefficient S (10^{-2})	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm^3/km^2)	Surface (km^2)	Volume réserve exploitable (Mm^3)
0,1 à 0,5	100 m sous le sol	0,04 à 0,5** 0,17 à 0,37***	164 560	28 210-60 740

. GRES D'AGADES OU DE TCHIREZRINE (22) :

Ces grès contiennent une nappe captive, parfois jaillissante. Cette nappe, d'un grand intérêt pratique, présente des eaux douces entre les méridiens d'Agadès et de In Gal.

A l'Est, les grès deviennent plus argileux. A l'Ouest, ils reposent en discordance sur des grès primaires contenant des eaux salées. L'exploitation de cette ressource pose donc un problème : le risque de déplacement du "front salé" de l'Ouest vers l'Est.

La surface d'alimentation directe des grès d'Agadès, très réduite, se limite à leur zone d'affleurement en piémont de l'Aïr. Le ruissellement, concentré par les oueds de l'Aïr, constitue l'essentiel de cette alimentation qui reste toutefois négligeable en regard des réserves exploitables.

* Valeurs extrêmes

*** Valeurs pondérées en fonction des surfaces considérées

Ressources utilisables potentielles

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
0,5 à 0,8	100 m sous le sol	0,5 à 1,0	27 270	13 640-27 270

. GRÈS DE TELOUA (23) :

Au Nord du 18ème parallèle, les grès de Teloua constituent un aquifère assez médiocre le plus souvent captif, non jaillissant ; le niveau d'équilibre de la nappe se situe entre 30 et 90 m de profondeur.

Ressources utilisables potentielles

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
0,1 à 0,2	100 m sous le sol	0,05 à 0,1	26 460	1 320-2 650

. GRÈS PRIMAIRES (23 et 24) :

Entre le socle de l'Air (12) et les grès de Teloua (23) existent quatre aquifères principaux, gréseux ou sableux, isolés les uns des autres par de puissantes séries argileuses.

Nappe de l'Ordovicien : bien que non exploitée actuellement la nappe des grès de l'Ordovicien par l'importance de sa superficie et de son volume, sa bonne perméabilité, ses qualités chimiques excellentes et son artésianisme étendu, constitue une ressource potentielle considérable. L'inconvénient majeur reste sa grande profondeur, la moitié de la nappe se trouvant à plus de 800 m sa profondeur. Située en Algérie pour sa plus grande part, elle ne déborde que très légèrement sur le Niger.

Nappe du Dévonien supérieur : cette série gréseuse est plus argileuse que la précédente. En bordure de l'Air l'existence de petits niveaux gréseux grossiers permet l'exploitation de cette nappe qui demeure malgré tout de peu d'intérêt en regard de la nappe du Viséen inférieur qui la surmonte.

Nappes du Carbonifère, elles comprennent :

- la nappe des grès de Farazekat (Viséen inférieur) très largement captive et le plus souvent jaillissante permet aux forages qui l'exploitent de fournir des débits artésiens variant de 3 à 4 m³/h à Fouka, à une trentaine de m³/h à Tessellamane ; les eaux sont douces dans la partie septentrionale de l'aquifère, salées dans sa partie méridionale.

- la nappe des grès de Tagora (Namurien) contenue dans deux niveaux gréseux isolés par des argiles. Ce réservoir est peu connu malgré les nombreux sondages qui le traversent.

L'alimentation directe de ces nappes, en général captives, est négligeable en regard des réserves exploitables.

Ressources utilisables potentielles

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
0,4 à 0,8 Ordov.	100 m sous le sol	0,45 à 1,0	5 000	2 250 - 5 000
0,4 à 0,8 Viséen	100 m sous le sol	0,45 à 1,0	30 000	13 500-30 000

. SERIES DU CRETACE SUPERIEUR AU CONTINENTAL TERMINAL DE L'EST NIGERIEN (25)

Cette zone correspond aux bassins sédimentaires de Termit-Agadem d'une part, Bilma d'autre part (secteur Nord de 25).

La structure de ces bassins est mal connue ; un puissant erg la masque en surface de façon continue à l'exception des massifs gréseux de Termit-Agadem et Bilma.

Pour ce qui concerne le bassin de Termit-Agadem, les formations du Continental Intercalaire s'ennoient sous le Crétacé moyen et supérieur, argileux sur une grande épaisseur, puis gréseux à son sommet.

L'existence de points d'eau au pied des massifs de Termit permet de supposer l'existence d'une nappe généralisée au niveau de la séquence gréseuse supérieure.

Pour ce qui concerne le bassin de Bilma, le schéma serait sensiblement identique à la différence près qu'au Nord du bassin les formations du Crétacé reposent directement sur le socle ou les formations primaires.

La formation des grès de Bilma équivalente aux grès de Termit contiendrait une nappe généralisée se manifestant par les résurgences de Bilma.

En l'absence de données concrètes d'une part sur la géométrie des aquifères probablement contenus dans les grès crétacés, d'autre part sur les caractéristiques hydrauliques de ces grès, il n'est pas possible en l'état actuel des connaissances d'évaluer précisément les réserves utilisables.

A titre purement hypothétique, les réserves exploitables ont été cartographiées dans la gamme 0,45 à 1,0 Mm³/km².

. TENERE DE TAFASSASSET (26)

Aucun point d'eau n'y est connu. Les données géophysiques suggèrent sous la couverture sableuse, l'existence possible d'un fossé tectonique à remplissage sédimentaire qui contiendrait alors des eaux captives.

En l'absence de données concrètes et compte tenu des hauteurs de pluie connues dans ces régions, il n'est pas possible de définir des ressources utilisables.

. BASSIN DES KORAMAS (27) :

Le complexe aquifère correspondant au bassin des Koramas est assimilable à un aquifère bicouche.

La couche supérieure essentiellement silteuse, parfois sablo-argileuse, recèle une nappe réalimentée par les pluies, affleurante dans les vallées alluviales et les dépressions topographiques. Cette nappe n'existe en pratique et n'est exploitable que dans et à proximité immédiate de ces vallées et dépressions. Cette couche bénéficie de ressources renouvelables importantes mais difficilement mobilisables en l'absence de réserve exploitable conséquente. La couche inférieure, constituée par les formations argilo-sableuses du Continental Terminal recèle un aquifère généralisé qui ne bénéficie pas directement des apports par les pluies mais recèle des réserves exploitables difficilement mobilisables, elles-aussi, en fonction d'une perméabilité apparemment faible.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouv. natur. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
50 à 200	14 850	1 890	127

Coefficient S (10^{-2})	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm^3/km^2)	Surface (km^2)	Volume réserve exploitable (Mm^3)
1 à 2,5	10 m	0,1 à 0,25	14 850	1 480-3 710

. PLIOQUATERNAIRE (28) :

Une série fluvio-lacustre et des dunes constituent l'aquifère supérieur libre centré sur le lac Tchad. L'hétérogénéité y est la règle.

Dans les niveaux inférieurs de cette série, également constitués de sables, une nappe captive appelée "nappe moyenne sous pression des formations du Tchad", offre d'excellentes ressources autour du lac Tchad où elle est artésienne.

La profondeur du toit de l'aquifère est de 250 à 300 m. Une reconnaissance par forage à Maïdougouri, au Nigéria, laisserait supposer l'existence d'une nappe sous-jacente à plus de 500 m sous le sol, avec une charge supérieure à celle de la nappe moyenne.

Ressources utilisables potentielles (28-30)

- Nappe supérieure libre

Ressource renouvelée ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouvelée, naturel. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 50	104 330	330	3

Coefficient S (10^{-2})	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm^3/km^2)	Surface (km^2)	Volume réserve exploitable (Mm^3)
1 à 10	1/3 épaisseur saturée	0,05 à 5,0 0,25 à 0,55	104 330	26 980-57 470

- Nappe moyenne sous pression

Coefficient S (10^{-2})	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm^3/km^2)	Surface (km^2)	Volume réserve exploitable (Mm^3)
0,2 à 0,8	100 m sous le sol	0,25 à 0,5	25 990	6 500-12 990

. CONTINENTAL TERMINAL DES PAYS BAS (31)

On manque de données pour limiter précisément cette formation que l'on connaît par analogie avec sa partie tchadienne.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouvelée ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouvelée, naturel. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 10	35 550	≠ 0	≠ 0

Coefficient S (10^{-2})	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm^3/km^2)	Surface (km^2)	Volume réserve exploitable (Mm^3)
5 à 10	5	0,25 à 0,50	35 550	8 890-17 780

* Valeurs extrêmes.

** Valeurs pondérées en fonction des surfaces concernées.

. CAMBRIEN-VISEEN (32)

Constitué de grès grossiers et de grès kaoliniques. On suppose qu'il contient une nappe généralisée, reconnue à Largeau (Tchad).

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouv. natur. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 10	15 480	≠ 0	≠ 0

Coefficient S (10^{-2})	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm^3/km^2)	Surface (km^2)	Volume réserve exploitable (Mm^3)
5 à 10	10	0,5 à 1,0	15 480	7 740-15 480

3 - AQUIFERES DISCONTINUS (tableaux 6a et 6b)

. SOCLE CRISTALLIN ET CRISTALLOPHYLLIEN (12)

Il est principalement représenté par le bouclier voltaïque au Sud, l'Aïr au Nord, ainsi que par quelques pointements tels que les massifs de Maradi et de Zinder.

Bouclier voltaïque : la région du Liptako (16) est constituée par les formations du Précambrien moyen et supérieur, formées de schistes, quartzites et roches vertes, injectées de granite ou de roches basiques.

Ces formations n'offrent de ressources importantes que dans leur zone d'altération, étroitement liée à des facteurs tectoniques.

Aïr : Seules sont connues, les nappes alluviales, et les nappes d'inféoflux alimentées par la concentration du ruissellement dans le réseau hydrographique. On notera l'altération kaolinique des granites, des gneiss, et des leptynites qui s'oppose à la pénétration des eaux dans les fissures. Mais l'existence d'épaisses séries de calcaires métamorphiques et de quartzites laisse entrevoir des possibilités de réserves en profondeur.

Massif de Zinder : Le Damagarim et le Mounio, constitués d'arkose, sont en partie recouverts de sables éoliens.

Les nappes sont localisées dans les thalwegs et alimentées par le ruissellement.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouv. natur. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 100	127 190	340	3

Numéro d'inventaire	NOM	COORDONNEES		Profondeur totale en m	Profondeur de l'eau sous le sol en m	Débit en m ³ /h ou m ³ /j	Rabatement en m	NATURE DE L'AQUIFERE
		LATITUDE	LONGITUDE					
N 1	Fiskine	14° 19' 30" N	0° 40' 38" W	2,2	2,1	2,0 ^{m3/j}		Arène granitique
N 2	FALA	14° 13' 25"	0° 42' 05"	4,1	4,0	0,3		Arène granitique
N 3	Namanderi	14° 16' 50"	0° 38' 55"	8,5	8,4	0,8		Arène granitique
N 4	Korontonndi	14° 21' 50"	0° 44' 00"	5,8	5,7	0,1		Arène granitique
N 5	In Boram	14° 25' 30"	0° 37' 25"	3,8	2,7	4,0		Arène granitique
N 6	In Ebao	14° 33' 45"	0° 49' 30"	5,4	5,2	2,0		Arène granitique
N 7	Mogas	14° 38' 10"	0° 49' 00"	7,9	7,8	2,0		Arène granitique
N 8	Banezoumbou	14° 06' 30"	0° 37' 15"	3,4	3,2	0,7		Arène granitique
N 9	Guenobou	14° 00' 15"	0° 45' 51"	9,1	4,6	14,4		Arène granitique
N 10	Foneko	14° 07' 40"	0° 43' 50"	13,6	3,4	24,0		Roche verte
N 11	Dibilo	14° 12' 40"	0° 46' 45"	3,2	3,1	1,5		Arène granitique
N 12	Loudji	14° 25' 55"	0° 59' 50"	32,5	22,5	33,6		Roches vertes
N 13	Tin Awarat	14° 20' 25"	0° 24' 10"	5,8	5,7	0,5		Schistes
N 14	Tone Kassa	14° 16' 40"	0° 46' 30"	1,8	1,7	0,5		Latérite
N 15	Koulam	14° 22' 40"	0° 42' 25"	5,2	5,1	0,2		Latérite
N 16	Sabkou	14° 21' 00"	0° 40' 00"	2,3	2,2	3,0		Arène granitique
N 17	Pogwa	13° 49' 55"	0° 39' 10"	9,2	8,8	0,2		Arène granitique
N 18	Bondyo	13° 52' 00"	0° 54' 00"	3,3	3,1	0,5		Arène granitique
N 19	Tonndi Goungou	13° 50' 10"	0° 50' 10"	3,4	3,3	0,5		Arène granitique
N 20	Aga Gari	13° 50' 25"	0° 53' 25"	2,2	2,0	1,0		Arène granitique
N 21	Dinka	13° 46' 30"	0° 49' 25"	3,0	2,8	0,9		Arène granitique
N 22	Kodan Barke	13° 50' 45"	0° 49' 30"	2,7	2,6	0,9		Arène granitique
N 23	Lourgou	13° 56' 20"	0° 43' 20"	2,3	2,2	3,0		Latérite
N 24	Molia	14° 22' 30"	1° 15' 20"	26,7	11,5	0,2		Arène granitique
N 25	Koubal	14° 29' 25"	1° 11' 55"	15,9	15,2	8,0		Arène granitique
N 26	Bossou Bangou	14° 29' 55"	1° 15' 05"	27,4	19,3	15,0		Arène granitique
N 27	Kofouno	14° 29' 25"	1° 18' 05"	25,5	23,0	4,0		Arène granitique
N 28	Gadabo S	14° 32' 35"	1° 18' 45"	25,2	20,7	9,0		Arène granitique
N 29	Gadabo N	14° 33' 00"	1° 18' 45"	26,9	26,8	9,0		Arène granitique
N 30	Mari	14° 14' 40"	1° 31' 35"	23,4	23,1	0,3		Arène granitique
N 31	Kooum	14° 07' 40"	1° 05' 45"	24,4	24,3	0,1		Arène granitique
N 32	Taborat	14° 17' 15"	1° 21' 45"	9,6	9,5	40,0		Arène granitique
N 33	Tagan Tassou	14° 31' 15"	1° 33' 00"	25,0	23,4	15,0		Arène granitique
N 34	Sangara	14° 32' 35"	1° 14' 10"	15,8	15,6	10,0		Arène granitique
N 35	Sebangou	14° 14' 55"	1° 16' 50"	28,7	26,4	27,6		Arène granitique
N 36	Sara Koare	14° 31' 10"	1° 00' 10"	26,0	16,6	10,8		Arène granitique
N 37	Toumkouss	14° 42' 25"	1° 13' 45"	17,6	9,6	0,8		Migmatites
N 38	In Amaka	14° 07' 20"	1° 15' 45"	31,2	31,1	3,0		Roches vertes
N 39	Tongorso	14° 42' 30"	1° 18' 25"	19,7	19,0	0,3		Roches vertes
N 40	Tin Gara	14° 57' 15"	1° 19' 20"	44,8	43,3	6,0		Schistes
N 41	Gassa Ziba	14° 28' 45"	1° 29' 45"	44,4	25,2	3,0		Schistes
N 42	Assou Bangou N	14° 19' 25"	1° 44' 10"	50,8	50,7	7,0		Schistes
N 43	Assou Bangou S	14° 10' 45"	1° 47' 15"	48,0	44,6	139,3		Schistes
N 44	Gala Bangou	14° 05' 25"	1° 47' 35"	38,6	38,5	0,2		Schistes
N 45	Kouloga	14° 05' 10"	1° 52' 30"	40,5	40,4	0,2		Schistes
N 46	Zaroum Dare N	14° 54' 10"	1° 46' 20"	50,5	50,4	12,0		Schistes
N 47	Zaroum Dare S	14° 53' 20"	1° 46' 20"	53,0	52,0	6,0		Schistes
N 48	Tiom Bangou	14° 49' 55"	1° 48' 35"	26,8	26,7	0,6		Schistes
N 49	Tonkosom	14° 48' 05"	1° 40' 45"	48,9	48,2	36,0		Schistes
N 50	Kassi Gorou	14° 46' 55"	1° 34' 00"	53,0	52,5	0,6		Schistes
N 51	Hassou Bangou Koare	14° 41' 10"	1° 35' 10"	60,0	59,8	10,0		Schistes
N 52	Tassi Beri	14° 41' 40"	1° 37' 00"	55,0	54,8	4,0		Schistes
N 53	Tonndi Banda	13° 41' 15"	1° 50' 30"	9,1	9,0	0,1		Arène granitique
N 54	Niely	13° 43' 25"	1° 52' 25"	41,6	27,9	7,0		Arène granitique
N 55	Golabon	13° 41' 00"	1° 50' 45"	7,6	7,5	0,6		Arène granitique

Numéro d' inventaire	NOM	COORDONNEES		Profondeur totale en m	Profondeur de l'eau sous le sol en m	Débit en m ³ /h ou m ³ /j	Rabatement en m	NATURE DE L'AQUIFERE
		LATITUDE	LONGITUDE					
N 56	Londyori	13° 39' 40" N	1° 52' 00" W	11,6	11,5	0,05		Arène granitique
N 57	Nydlagari	13° 19' 45"	1° 47' 35"	18,8	15,8	9,0		Arène granitique
N 58	Longare	13° 11' 20"	1° 39' 30"	13,4	13,2	1,5		Arène granitique
N 59	Gouria	13° 09' 05"	1° 39' 35"	15,0	14,2	3,0		Arène granitique
N 60	Guidel	13° 19' 45"	1° 40' 05"	21,7	21,1	3,0		Arène granitique
N 61	Guirguel	13° 43' 30"	1° 04' 35"	5,2	5,1	15,0		Arène granitique
N 62	Lamorde Torodi	13° 07' 15"	1° 48' 15"	18,2	15,0	2880,0		Arène granitique
N 63	Tielihatou	13° 54' 40"	1° 35' 50"	15,4	15,3	0,1		Arène granitique
N 64	Kobion	13° 08' 30"	1° 45' 35"	12,3	12,2	2,0		Arène granitique
N 65	Heda	13° 04' 30"	1° 39' 15"	26,6	21,1	10,0		Migmatites
N 66	Borou Bangou	13° 56' 00"	1° 41' 40"	33,2	33,2	0,5		Roches vertes
N 67	Tilboye	13° 01' 55"	1° 24' 25"	23,0	19,2	240,0		Filon de quartz
N 68	Bougoum	13° 26' 00"	1° 59' 20"	37,0	33,3	72,0		Schistes
N 69	Toulware	13° 18' 05"	1° 56' 05"	42,4	36,0	2,0		Schistes
N 70	Komo Bangou	13° 57' 10"	1° 47' 10"	30,8	30,7	15,0		Schistes
N 71	Fatay	13° 51' 00"	1° 52' 05"	57,5	57,4	0,5		Schistes
N 72	Fara Gourou	13° 38' 00"	1° 58' 25"	11,0	9,6	0,1		Schistes
N 73	Saaguia	13° 27' 30"	2° 06' 35"	5,9	4,9	288,0		Alluvions
N 74	Libore	13° 25' 55"	2° 11' 55"	16,1	14,3	10,0		Alluvions
N 75	Kahel	13° 20' 55"	2° 09' 45"	15,4	15,1	0,3		Schistes
N 76	Goroubo Kabe	13° 39' 20"	2° 09' 15"	10,6	9,4	20,0		Schistes
N 77	Leleye Bangou	13° 35' 25"	2° 08' 00"	29,9	25,0	6,0		Schistes
N 78	Bobiel	13° 33' 40"	2° 06' 30"	37,8	28,4	15,0		Schistes
N 79	Sekire	13° 26' 05"	2° 10' 20"	23,7	14,1	36,0		Schistes
N 80	Siriniere	15° 21' 15"	2° 17' 45"	11,6	10,1	30,0		Schistes
N 81	Firaou	15° 01' 20"	1° 40' 15"	70,0	69,9	0,3		Schistes
N 82	Sagati	12° 57' 20"	1° 53' 25"	39,7	35,6	96,0		Granite
N 83	Leleri	12° 38' 40"	2° 22' 10"	11,1	11,0	1,5		Pelites
N 84	Sounga Dossa	12° 52' 30"	2° 25' 55"	15,4	11,2	8,0		Schistes
N 85	Tombohama	12° 48' 00"	2° 32' 25"	54,1	44,7	88,8		Schistes
N 86	Talambou	12° 05' 40"	3° 20' 25"	16,2	10,5	36,0		Schistes

4 - BIBLIOGRAPHIE

- (1) BERKALOFF E. (1966) - Commissariat à l'Energie Atomique. Groupement Afrique - Madagascar. Essai de pompage Madouela. Interprétation. Rapp. BRGM DS 66 A 25, Arch. CEA.
- (2) BISCALDI R. (1962) - Alimentation en eau de la ville de Zinder. Sondages de reconnaissance dans la vallée de Gogo (Niger). Rapp. BRGM DAK 62 A 28, Arch. Minist. T.P., Mines et Hydraul., Niamey.
- (3) BISCALDI R. (1962) - Reconnaissance hydrogéologique du Liptako Sud (Niger). Rapport de fin de campagne 1961-1962. Rapp. BRGM DAK 62 A 39, Arch. Minist. T.P., Mines et Hydraul. Niamey.
- (4) BISCALDI R. (1963) - Hydrogéologie du Damagarim et du Mounio (Niger). Rapp. BRGM NIA 63 A 3, Arch. Minist. T.P., Mines et Hydraul., Niamey.
- (5) BISCALDI R. (1964) - Reconnaissance hydrogéologique du Liptako Sud (Niger). 2ème partie novembre-décembre 1962. Rapp. BRGM DAK 64 A 3, Arch. Minist. T.P., Mines et Hydraul., Niamey.
- (6) BISCALDI R., GREIGERT J., JOULIA F., PIRARD F. (1964) - Recherches et exploitation d'eaux souterraines dans le République du Niger. Compte rendu des sondages et forages exécutés de juillet 1962 à juillet 1963. Rapp. BRGM DAK 64 A 5, Arch. Minist. T.P., Mines et Hydraul. Niamey.
- (7) BOECH E. (1965) - Contribution à l'étude hydrogéologique de la zone sédentaire de la République du Niger. Rapp. DAK 65 A 20, BRGM et Bundesanstalt für Bodenforschung (B.f.B.), Hanovre, Arch. Minist. T.P., Mines et Hydraul. Niamey.
- (8) FAO - Etude de la mise en valeur du Dallol Maouri (Niger). Rapp. FAO SE 281 NFR 8.
- (9) FAURE H. (1954) - Rapport préliminaire à une étude hydrogéologique du Ténéré (Niger). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (10) FAURE H. (1955) - Rapport hydrogéologique sommaire sur le cercle de Gouré (Niger). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (11) FAURE H. (1960) - Reconnaissance hydrogéologique du Niger oriental. Mission 1960. Rapp. BRGM, Dakar.
- (12) GAGNIERE G. et VADON J. (1973) - Etude pour le développement des régions de socle hydrogéologique de l'Ouest nigérien. Rapport provisoire de fin de première campagne. Rapport BRGM 73 NIA 002. Arch. Dir. Mines. Géol. et Hydraul., Niamey.
- (13) GREIGERT J. (1951) - Rapport de mission géologique au Niger (1948-1950). Rapp. Dir. Mines AOF, Dakar.
- (14) GREIGERT J. et ROURE J. (1951) - Note sur l'implantation des forages d'exploitation d'eau dans la subdivision nomade de Tahoua (Niger). Rapp. Dir. Mines AOF, Dakar.
- (15) GREIGERT J. (1952) - Note sur les recherches d'eau exécutées dans le cercle de Tahoua (Niger). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.

- (16) GREIGERT J. (1954) - Note sur la source artésienne d'Afaza, cercle de Dosso (Niger). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (17) GREIGERT J. (1957) - Introduction à la connaissance hydrogéologique du bassin occidental du Niger. Rapport fin de campagne 1955-1956. 3ème partie. Les principales nappes du bassin occidental du Niger. Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (18) GREIGERT J. (1963) - Inventaire des points d'eau sur les feuilles Guidan Roumji et Maradi (Niger). Rapp. BRGM DAK 63 A 11, Arch. Minist. T.P., et Mines, Niamey.
- (19) GREIGERT J. (1966) - Recherches et exploitation d'eaux souterraines dans la République du Niger. Compte rendu des sondages et forages exécutés de juillet 1963 à juillet 1966. Rapp. BRGM DAK 66 A 7, Arch. Minist. T.P., Mines et Hydraul., Niamey.
- (20) GREIGERT J. (1966) - Etude hydrogéologique de la vallée de Badeguicheri (Niger). Rapport de fin de campagne 1966. Rapp. BRGM NIA 66 A 4, Arch. Minist. T.P., Niamey.
- (21) GREIGERT J. (1968) - Atlas hydrogéologique de l'Adar Doutchi. Rapp. BRGM 68 ABI 004 NIA, Arch. Serv. G.R. Niamey.
- (22) GREIGERT J. (1968) - Les eaux souterraines de la République du Niger. Rapp. BRGM 68 ABI 006 NIA, Arch. Minist. T.P., Transp., Mines et Urbanisme, Niamey.
- (23) GREIGERT J. et SAUVEL C. (1970) - Modernisation de la zone pastorale nigérienne. Etude hydrogéologique. Rapp. BRGM 70 ABI 006 NIA, Arch. Dir. Elevage, Niamey.
- (24) GREIGERT J. (1973) - Modernisation de la zone pastorale nigérienne Proposition d'un programme de construction de captages d'eau dans la zone d'élevage permanent des bovins. Min. Econ. rurale Dir. élevage. Rapport BRGM 73 NIA 001.
- (25) GREIGERT J. (1973) - Etude de factibilité de deux ranches. Etude hydrogéologique. Rapport BRGM 73 NIA 003. Arch. Min. écon. rur.
- (26) GREIGERT J. (1975) - Etude pour le développement de socle hydrogéologique de l'Ouest nigérien. 2ème campagne : implantation de puits par sondage à la tarière mécanique. Rapport BRGM 75 AGE 009.
- (27) JOULIA F. (1951) - Rapport de mission à Maradi (Niger). Rapp. Dir. Mines AOF, Dakar.
- (28) JOULIA F. (1953) - Note sur l'hydrogéologie du Damergou (Niger). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (29) JOULIA F. (1965) - Hydrogéologie des régions à l'Ouest et au Sud de l'Aïr. Rapp. BRGM DAK 65 A 16, Arch. Minist. T.P., Mines et Hydraul., Niamey.
- (30) PIRARD F. (1961) - Mission hydrogéologique du Niger oriental. Rapport préliminaire de fin de campagne. Rapp. BRGM Dakar, Arch. Minist. T.P., Niamey.

- (31) PIRARD F. (1962) - Hydrogéologie du Niger oriental. Rapp. BRGM DAK 62 A 4, Arch. Minist. T.P., Mines et Hydraul., Niamey.
- (32) PIRARD F. (1962) - Etude hydrogéologique du Niger oriental. Rapport provisoire de fin de campagne 1961-1962. Rapp. BRGM DAK 62 A 41, Arch. Minist. T.P., Mines et Hydraul., Niamey.
- (33) PIRARD F. (1964) - Reconnaissance hydrogéologique du Niger oriental. Rapport de fin de travaux 1960-1963. Essai d'esquisses hydrogéologiques. Rapp. BRGM DAK 64 A 11, Arch. Minist. T.P., Mines et Hydraul., Niamey.
- (34) PNUD/FAO (1969-1973) - Commission du Bassin du Lac Tchad (Cameroun, Niger, Nigeria, Tchad). Programme des Nations Unies pour le développement - Rome, 1973.
- (35) REICHELT R. (1962) - Géologie et hydrogéologie de la bordure sud-est du Gourma. Rapport de fin de campagne 1961-1962. Rapp. BRGM DAK 62 A 29.
- (36) SAUVEL C. (1966) - Hydrogéologie de la haute Maggia (Niger). Fin de campagne 1964-1965. Rapp. BRGM NIA 66 A 1, Arch. Serv. G.R. Niamey.
- (37) SAUVEL C. (1966) - Rapport de fin de campagne 1965-1966. Hydrogéologie de la vallée de Keita (Niger). Rapp. BRGM NIA 66 A 3, Arch. Minist. T.P. et Mines, Niamey.
- (38) SAUVEL C. (1967) - Etude hydrogéologique pour l'installation d'un ranch au Niger. Rapp. BRGM NIA 67 A 1, Arch., Inst. Elevage et Médecine vétér. pays tropicaux.
- (39) SAUVEL C. (1968) - Hydrogéologie des vallées sèches de l'Adar Douchi (Niger occidental). Thèse Sces. Montpellier.
- (40) TIRAT M. (1962) - Hydrogéologie du Continental terminal. Rapport préliminaire. Rapp. BRGM DAK 62 A 42, Arch. Minist. T.P., Mines et Hydraul., Niamey.
- (41) TIRAT M. (1964) - Contribution à l'étude hydrogéologique du Continental terminal. Rapp. BRGM 64 A 1, Arch. Minist. T.P. et Mines, Niamey.

SÉNÉGAL

RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DU SENEGAL

1 - CADRE GEOGRAPHIQUE

L'ensemble du Sénégal est cartographié. On distingue essentiellement le socle qui constitue la partie orientale et les formations sédimentaires du bassin sénégalo-mauritanien qui couvrent le reste du pays.

Les aquifères généralisés sont principalement localisés dans les formations sédimentaires occidentales, le socle ne recelant que des aquifères discontinus. La surface cartographiée est de 195 500 km².

2 - AQUIFERES GENERALISES

. ALLUVIONS DU FLEUVE SENEGAL (1)*

Composés de sables, limons et argiles, ils sont localement très perméables.

L'alimentation de la nappe se fait par le fleuve et par les pluies.

La zone salée du delta a été exclue lors du calcul des ressources utilisables.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouvelée (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouvelée, naturel. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équivalent. (mm)
0 à 25	4 090	50	13

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
1 à 2	5	0,05 à 0,1	4 090	210-410

. SABLES DUNAIRES (2)*

De Dakar à Saint-Louis, le long de l'Océan, les sables dunaires renferment un aquifère très intéressant, dont la ressource varie avec la morphologie du substratum creusé de paléo-vallées. L'aquifère est libre et bien alimenté par les pluies. A l'extrémité de la presqu'île du Cap-Vert il devient captif sous un toit basaltique.

* Numéro de référence porté sur la carte pour caractériser un aquifère.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouv. natur. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 150	5 020	210	41

Coefficient S (10^{-2})	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm^3/km^2)	Surface (km^2)	Volume réserve exploitable (Mm^3)
10 à 12	1/3 épaisseur saturée	0,1 à 5,0** 0,5 à 1,2***	5 020	2 540-5 990

. CONTINENTAL TERMINAL (3)

Les niveaux de grès argileux ou de sable de quelques dizaines de mètres à 100-200 m d'épaisseur recouvrent les 4/5 du bassin sénégalais. La nappe peut y être considérée comme libre en première approximation. En Casamance et en Sine-Gambie, elle est alimentée par les pluies et la Gambie. La Casamance et le Sine Saloum sont en relation avec la nappe.

On notera la dépression fermée de la surface piézométrique au Sénégal oriental et central.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouv. natur. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 200	104 990	7 460	72

Coefficient S (10^{-2})	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm^3/km^2)	Surface (km^2)	Volume réserve exploitable (Mm^3)
1 à 10	1/3 épaisseur saturée	0,05 à 5,0** 0,4 à 0,9***	104 990	44 040-94 820

. FORMATIONS DE L'EOCENE (4a)

Sous la couverture de Continental Terminal, les calcaires et dolomies karstifiés du Lutétien contiennent une nappe généralisée permettant des débits de production variables mais pouvant atteindre $100 \text{ m}^3/\text{h}$.

* Valeurs extrêmes

*** Valeurs pondérées en fonction des surfaces concernées.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouvelée ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouvelée, naturel. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équivalent. (mm)
0 à 50	1 890	30	16

Coefficient S (10^{-2})	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm^3/km^2)	Surface (km^2)	Volume réserve exploitable (Mm^3)
5 à 10	10	0,5 à 1,0	1 890	940-1 890

. CALCAIRES DU PALEOCENE (5)

Dans la presqu'île du Cap Vert, les calcaires paléocènes profondément karstifiés contiennent une nappe fortement productive (200 à 500 m^3/h par forage).

Cette nappe est libre, lorsque les formations Eocènes (argileuses) qui la surmontent sont érodées, captives lorsqu'elles existent.

Cette nappe limitée latéralement, vers l'ouest par une évolution rapide de faciès (passage à des argiles), vers l'est par une disparition de la karstification, est en relation hydraulique avec la nappe "Maestrichtienne" (6).

Les ressources utilisables évaluées sur simulateur (modèle mathématique) sont de :

1 760 Mm^3 pour un rabattement 10 m (exploitation simulée sur 50 ans).

Cette valeur intègre la réalimentation saisonnière par les pluies, et le drainage latéral de la nappe "Maestrichtienne" (6).

. SABLES ET GRES MAESTRICHTIENS (6)

Ils constituent l'aquifère le plus important du Sénégal. Ils sont présents presque partout en profondeur, recouverts par les formations précédentes. Ils n'affleurent que dans le petit massif de N'Diass, encadrés par les calcaires paléocènes (5). Epais de 200 à 250 m en moyenne, ils contiennent une nappe captive ascendante, pouvant fournir dans les forages des débits de l'ordre de 150 à 200 m^3/h , bien que ceux-ci n'exploitent que la tranche supérieure du réservoir. La profondeur du toit de l'aquifère peut atteindre 550 m sous le sol.

Les ressources utilisables évaluées sur simulateur pour la partie occidentale de la nappe (6) sont de :

1 260 Mm³ pour un rabattement compris entre 10 et 20 m (exploitation simulée sur 50 ans).

Cette valeur intègre la réalimentation saisonnière par les pluies (6) et le prélèvement sur les réserves exploitables de l'ensemble de la nappe "Maestrichtienne".

Pour l'ensemble de la nappe les évaluations conduisent au tableau suivant.

Ressources utilisables potentielles

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
0,2 à 1,5	100 m sous le sol	0,1 à 5,0* 0,25 à 0,53***	150 367	38 540-80 960

3 - AQUIFERES DISCONTINUS (tableau 7)

. SOCLE CRISTALLIN ET CRISTALLOPHYLLIEN (12)

Cette série fortement tectonisée, à prédominance schisteuse, est injectée de granites et de roches basiques. Les ressources sont localisées dans la frange d'altération et dans les zones fissurées et fracturées. Des nappes de sous-écoulement, réalimentées par le ruissellement sont parfois exploitables.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouv. natur. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 50	31 660	820	26

. MARNO CALCAIRES EOCENES (8)

Les calcaires karstiques du Lutétien, passent latéralement, vers l'Est et le Nord à des marnes et argiles, contenant des lentilles calcaires sporadiques, qui ne fournissent que des débits faibles et localisés.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouv. natur. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 100	44 590	720	16

* Valeurs extrêmes

*** Valeurs pondérées en fonction des surfaces concernées.

Numéro d'inventaire	NOM	COORDONNEES		Profondeur totale en m	Profondeur de l'eau sous le sol en m	Débit en m ³ /h ou m ³ /j	Rabotement en m	NATURE DE L'AQUIFERE
		LATITUDE	LONGITUDE					
S 1	Kossanto	13° 07' 55"	11° 58' 00"	10,4	4,4 (12-62)	35,0 m ³ /j		Schistes
S 2	Bandafassi	12° 32' 30"	12° 48' 45"	17,3	17,2 (05-62)	50,0		Schistes
S 3	Saraya	12° 50' 00"	11° 45' 00"	4,0	2,0 (05-62)	0,2 à 0,3		Pegmatites
S 4	Samekouta	12° 37' 00"	12° 07' 30"	8,1	4,1 (05-62)	25,0		Granite
S 5	Missira	13° 05' 08"	11° 41' 42"	14,1	12,4 (03-63)	10,0		Granite
S 6	N'Debou	12° 31' 20"	12° 26' 10"	14,2	6,5 (05-62)	bon		Pélites, dolérites
S 7	Same	13° 40' 00"	12° 28' 12"	8,6	5,1 (04-63)	15,0		Sable argileux
S 8	Kipsile	14° 17' 10"	12° 27' 51"	42,2	30,2 (03-63)	50,0		Schistes
S 9	Boutougoufara	13° 24' 20"	12° 29' 30"	5,4	5,3 (05-62)	1,0 à 2,0		Latérite
S 10	Niemenike	13° 00' 33"	12° 32' 47"	6,7	6,6 (05-62)	1,0 à 2,0		Grès
S 11	Dialafi	13° 39' 27"	12° 24' 02"	7,1	7,0 (05-62)	5,0 à 8,0		Sable argileux
S 12	Oumbare	13° 43' 09"	12° 24' 36"	9,5	6,5 (04-63)	4,0 à 7,0		Sable argileux
S 13	Belle	14° 25' 29"	12° 17' 49"	26,2	16,2 (03-63)	50,0		Sable argileux
S 14	Gounia	14° 49' 27"	12° 25' 50"	29,2	19,4 (03-63)	50,0		Schistes
S 15	Tourine	14° 54' 30"	12° 30' 53"	17,0	8,4 (03-63)	5,0 à 10,0		Schistes
S 16	Medina Samba Gouro	14° 48' 09"	12° 33' 22"	14,3	9,6 (03-63)	1,0 à 2,0		Schistes
S 17	Gamon	13° 20' 48"	12° 54' 36"	7,5	7,2 (03-63)	20,0		Grès
S 18	N'Dalla	15° 32' 40"	15° 57' 00"	14,4	14,4	0,2		Sables-Quaternaire
S 19	Koussane	14° 07' 52"	12° 26' 33"	14,0	13,0 (03-63)	15,0		Grès
S 20	Diakho 6	14° 25' 00"	16° 15' 00"	184,0	6,4	21,0	22,4	Calcaire Paléocène
S 21	Kem N'Goura	15° 32' 00"	15° 58' 00"	13,5	13,5	très faible		Sables-Quaternaire
S 22	Tiargny	15° 15' 00"	15° 20' 00"		18,2	0,3		Calcaire Paléocène
S 23	Bondi Sakho 12	15° 45' 00"	15° 58' 00"	52,0		10,0	2,4	Calcaire Paléocène
S 24	Niassante	16° 15' 00"	15° 35' 00"			20,0	0,2	Calcaire Paléocène
S 25	Kem Brahame Fall	15° 38' 00"	15° 58' 20"	8,6	8,5	0,1		Sables-Quaternaire
S 26	Bohi Divé	15° 55' 00"	15° 30' 00"			20,0	6,0	Calcaire Paléocène
S 27	Pele Daba	16° 05' 00"	14° 45' 00"			4,3	8,0	Calcaire Paléocène
S 28	Ganima Erogne	16° 08' 00"	15° 10' 00"			3,6	9,0	Calcaire Paléocène
S 29	Loumbi Deck Do	15° 38' 00"	15° 09' 00"			0,2	8,0	Calcaire Paléocène
S 30	Boyo	15° 41' 10"	15° 56' 00"	5,2	5,0	0,2		Sables-Quaternaire
S 31	Gony Tende	15° 25' 00"	15° 29' 00"	40,2	40,0	0,8		Calcaire Eocène
S 32	Balele	15° 26' 25"	15° 08' 30"	46,0	41,0	6,0		Calcaire Eocène
S 33	Keur Saer	14° 40' 04"	16° 23' 57"	60,0	19,8 (07-74)			Calcaire Lutétien
S 34	Fademe	15° 33' 30"	15° 56' 00"	15,7	15,6	0,2		Sables-Quaternaire
S 35	Ndiagua Ndiaye	14° 58' 42"	16° 24' 18"	54,0	25,0 (08-74)	30,0	0,06	Calcaire Lutétien
S 36	Noki Ndiaguene	14° 56' 54"	16° 16' 43"	61,0	40,1 (08-74)	25,0		Calcaire Lutétien
S 37	Trayton/Gap	14° 54' 47"	16° 24' 28"	95,0	45,6 (09-74)	7,2		Calcaire Lutétien
S 38	Mbotel	14° 48' 02"	16° 35' 32"	61,0	23,2 (07-74)			Calcaire Lutétien
S 39	Nake	14° 47' 10"	16° 25' 27"	64,8	37,0 (07-74)			Calcaire Lutétien
S 40	Kankane	14° 49' 30"	16° 16' 20"	65,0	25,9 (07-74)			Calcaire Lutétien
S 41	Lappe I	14° 59' 48"	16° 20' 26"	60,0	24,7 (07-74)			Calcaire Lutétien
S 42	Ndiage Dankea	14° 55' 06"	16° 33' 47"	45,0	18,1 (07-74)	0,08	+18	Calcaire Lutétien
S 43	Kaba Diak	14° 44' 17"	16° 37' 06"	52,0	15,5 (06-74)	25,7	0,055	Calcaire Lutétien
S 44	Diandiem	15° 30' 00"	15° 39' 50"	21,0	20,9	2,0		Sables-Quaternaire

(saison sèche)

4 - BIBLIOGRAPHIE

- (1) ARNAUD G. (1943) - Note sur l'hydrogéologie de la presqu'île du Cap-Vert (Sénégal). Arch. Serv. Mines AOF, Dakar.
- (2) AUDIBERT M. (1962) - Hydrogéologie de la nappe maestrichtienne du Sénégal. Rapport. BRGM DAK 62 A 14, Arch. Minist. T.P., Habitat et Urbanisme, Dakar.
- (3) AUDIBERT M. (1963) - Etude de la nappe maestrichtienne. Essais de débit à Tivaouane du 28/1 au 2/2/1963. Rapp. BRGM DAK 63 A 7, Arch. Minist. T.P., Habitat et Urbanisme, Dakar.
- (4) AUDIBERT M. (1963) - Etude hydrogéologique de la nappe profonde du Sénégal "Nappe maestrichtienne". Thèse 3e cycle. Montpellier, Mém. BRGM n° 41-1966.
- (5) AUDIBERT M. (1964) - Hydrogéologie de la nappe maestrichtienne. Campagne 1962-1963. Rapp. BRGM DAK 64 A 22, Arch. Serv. Hydraul., Dakar.
- (6) AUDIBERT M., POUL X. et VUILLAUME Y. (1971) - Nappe profonde du Sénégal (nappe maestrichtienne). Interprétation des observations périodiques de 1967 à 1970. Interprétation des analyses isotopiques. Fonctionnement hydraulique du système. Rapp. BRGM 71 RME 035, Arch. Dir. Energie et Hydraul., Dakar.
- (7) AURIOL J. et MARTIN A. (1971) - Alimentation en eau de Dakar. Interprétation des fluctuations de la nappe de Pout sous l'influence des pompages. Rapp. BRGM 71 RME 023, Arch. Dir. Energie et Hydraul., Dakar.
- (8) BENSE C. (1952) - Alimentation du Paléocène de Sébikotane par les terrains aquifères du Tertiaire indifférencié (Sénégal). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (9) BENSE C. (1954) - Hydrogéologie de la région de Louga. Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (10) BONNET M., MOUSSU H. (1971) - Préparation d'un programme d'étude, par modèle, des nappes de la presqu'île du Cap-Vert (Sénégal). Compte rendu de mission. Rapp. BRGM 71 RME 012, Arch. OMS.
- (11) BONNET M. et SAUTY J.P. (1972) - Etude des nappes de la presqu'île du Cap-Vert. Seconde mission de backstopping. Détermination des implantations de captage dans la nappe des sables. Rapport BRGM 72 SGN 208 AME. Arch. OMS.
- (12) CAMUS H. et DEBUISSON J. (1964) - Etude hydrogéologique des terrains anciens du Sénégal oriental (campagne 1962-63). Rapp. BRGM DAK 64 A 6, Arch., Serv. Hydraul., Dakar.
- (13) DAGASSAN E. (1966) - Reconnaissance hydrogéologique du Ferlo (Sénégal), en vue de son aménagement pastoral. Rapp. BRGM DAK 66 A 13, Arch. Dir. Energie et Hydraul., Dakar.

- (14) DAGASSAN E. (1967) - Etude hydrogéologique pastorale de la zone sud ouest du Ferlo (Sénégal). Rapp. BRGM DAK 67 A 3, Arch. Dir. Elevage et Ind. animales, Dakar.
- (15) DASSIBAT C., MERMILLOD J., GOUZES R. (1969) - Etude hydrogéologique en vue du développement pastoral dans le Ferlo et la région du lac de Guiers (Sénégal). Rapp. BRGM 69 DAK 6, Arch. Dir. Elevage et Ind. animales, Dakar.
- (16) DEBUISSON J. (1963) - Aperçu sur l'hydrogéologie de la région Nord Louga. Rapp. BRGM DAK 63 A 9, Arch. Dir. T.P., Sect. Hydraul., Dakar.
- (17) DEBUISSON J. (1965) - Analyse des facteurs régissant les contacts eaux douces - eaux salées dans les sables de la presqu'île du Cap-Vert (Dakar). Campagne 1964. Mise en place du dispositif d'observation et étude des fluctuations en équilibre naturel. Rapp. BRGM DAK 65 A 10.
- (18) DEBUISSON J. (1966) - Analyses des facteurs régissant les contacts eaux douces - eaux salées dans les sables de la presqu'île du Cap-Vert (Dakar, Sénégal). 2ème campagne, 1965. Rapp. BRGM DAK 66 A 9.
- (19) DEBUISSON J. (1967) - Etude hydrogéologique de la nappe phréatique de l'île de Sor (St Louis). Rapp. BRGM DAK 67 A 13, Arch. Dir. Energie et Hydraul., Dakar.
- (20) DEBUISSON J. (1967) - Etude expérimentale du processus d'intrusion provoquée des eaux salées dans la nappe côtière de Malika (Sénégal). Observation sur l'état de l'équilibre eaux douces - eaux salées après l'arrêt de l'exploitation (1965-1966). Rapp. BRGM DAK 67 A 15.
- (21) DEBUISSON J. et MOUSSU H. (1967) - Etude expérimentale d'un équilibre eaux douces - eaux salées sur le rivage maritime de Malika près de Dakar (Sénégal). AIH, Mémoires t. 7, Réunion de Hannover 1965, p. 286-292.
- (22) DEBUISSON J., GAGNIERE G. (1969) - Campagne de construction de 133 puits (1967-68). Région de Casamance et du Sénégal oriental. Compte rendu de surveillance des travaux. Rapp. BRGM 69 DAK 5, Arch., Dir. G.R., Dakar.
- (23) DEBUISSON J. (1969) - Etablissement d'un programme d'hydraulique pastorale au Sénégal. Construction de 26 forages-puits et de 120 puits. Rapp. BRGM 69 DAK 10, Arch. Dir. G.R., Dakar.
- (24) DEBUISSON J. (1969) - Etablissement d'un programme d'hydraulique pastorale au Sénégal. Construction de 1 forage, de 36 forages-puits et de 9 puits. Rapp. BRGM 69 DAK 11, Arch. Dir. G.R., Dakar.
- (25) DEBUISSON J. (1970) - Compte rendu de surveillance des travaux de recherche et d'exploitation d'eaux souterraines 1966-1968. Programme de 9 forages d'exploitation et de 15 forages-puits. Rapp. BRGM 70 DAK 6, Arch. Dir. G.R., Dakar.

- (26) DEGALLIER R. (1952) - Enquête hydrogéologique à Tambacounda (Sénégal). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (27) DEGALLIER R. et MARCHAND J. (1953) - Hydrogéologie de la région de Sébikotane. Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (28) DEGALLIER R. (1954) - Hydrogéologie de la nappe maestrichtienne du Sénégal. Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (29) DEGALLIER R. (1954) - Hydrogéologie du Ferlo septentrional. Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (30) DEGALLIER R. (1955) - Hydrogéologie de la région de Taïba, près de Tivaouane (Sénégal). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (31) DEGALLIER R. (1956) - Géologie de la région de Richard-Toll (Sénégal). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (32) DEGALLIER R. (1956) - Hydrogéologie de la feuille de Louga au 1/200 000 (Sénégal). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (33) DEGALLIER R. (1962) - Hydrogéologie du Ferlo septentrional. Mém. BRGM, n° 19, 1962.
- (34) DEGALLIER R. (1962) - Possibilités de la nappe maestrichtienne du Sénégal. Rapp. BRGM DAK 62 A 11, Arch. Minist. T.P., Habitat et Urbanisme, Dakar.
- (35) DEPAGNE J. (1967) - Les nappes déprimées d'Afrique occidentale. AIH, Mémoires t. 7, Réunion de Hannover 1965, p. 273-276.
- (36) DEPAGNE J. et MOUSSU H. (1967) - Notice explicative et cartes hydrogéologique au 1/500 000 et hydrochimique au 1/1 000 000 du Sénégal. Edit. BRGM Dakar. Arch. Dir. Energie et Hydraul., Dakar.
- (37) DIATTARA D. (1973) - Etablissement d'un programme d'hydraulique villageoise et pastorale. Construction de 15 forages-puits et 50 puits d'hydraulique villageoise et pastorale. Rapp. BRGM, Arch. Dir. G.R., Dakar.
- (38) DIATTARA D. (1973) - Etablissement d'un programme d'hydraulique villageoise et pastorale au Sénégal. Construction de 15 forages-puits et 30 puits. Rapp. BRGM, Arch. Dir. G.R., Dakar.
- (39) ELOUARD P. (1951) - Rapport sur le sondage de Sangalcam (Sénégal). Rapp. Dir. Mines AOF, Dakar.
- (40) ELOUARD P. (1960) - Note sur l'alimentation en eau de Zinguinchor. Rapp. BRGM Dakar. Minist. des T.P., des transports et télécommunications.
- (41) FRAYSSE R. (1958) - Nivellement des puits de la feuille Louga au 1/200 000 (Sénégal). Rapp. Serv. Géol. et Prosp. min. AOF, Dakar.

- (42) FORKASIEWICZ J. (1972) - Alimentation en eau et assainissement de Dakar - Interprétation des résultats de pompage de longue durée sur 5 stations. Rapport BRGM 72 SGN 209 AME, Arch. OMS.
- (43) GOUZES R. (1961) - Etude hydrogéologique de la Casamance (Sénégal). Rapp. BRGM, Arch. Minist. T.P., Habitat et Urbanisme, Dakar.
- (44) GOUZES R. (1969) - Etude de la réalimentation et de la salinité de la nappe des sables maestrichtiens du Sénégal. Interprétation des mesures périodiques de niveau et des données nouvelles, 1968. Rapp. BRGM 69 DAK 12, Arch. Dir. Energie et Hydraul., Dakar.
- (45) GOUZES R., LOUVRIER M., MARTIN A. (1973) - Etude hydrochimique d'orientation agricole des nappes du bassin sédimentaire sénégalais. Nappe profonde "maestrichtienne". Nappes phréatiques. Rapp. BRGM 73 RME 018 AF, Arch. Minist. Dével. rural, Dakar.
- (46) GRANDAROVSKI G. (1962) - Dépression du niveau piézométrique des puits alignés et mis en service progressivement l'un après l'autre. Calcul théorique en vue d'application éventuelle à la nappe maestrichtienne du Sénégal. Rapp. BRGM DS 62 A 47.
- (47) GRAVOST M. (1968) - Alimentation en eau de Ziguinchor. Etude des possibilités de la nappe phréatique de Ziguinchor. Rapp. BRGM 68 DAK 2, Arch. Dir. Energie et Hydraul., Dakar.
- (48) GRAVOST M. (1968) - Etude des fluctuations de la nappe phréatique de Ziguinchor (Sénégal). Rapp. BRGM 68 DAK 4, Arch. Dir. Energie et Hydraul., Dakar.
- (49) KUCHARSKA J. (1962) - Essai d'interprétation des fluctuations de la nappe aquifère de Sébikotane (Sénégal). Rapp. BRGM DS 62 A 52.
- (50) LALEYE J. (1965) - Interprétation des fluctuations des nappes du haut delta du fleuve Sénégal. Mission d'aménagement du fleuve Sénégal. Rapport BRGM DAK 65 A 24. Arch. MAS, Saint-Louis.
- (51) MARCHAND J. (1956) - Rapport sur le forage de Guely (Sénégal). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (52) MARCHAND J. (1956) - Rapport sur le forage de Fadiouth (Sénégal). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (53) MARCHAND J. (1956) - Rapport sur le sondage de Taïba (Sénégal). Rapp. Dir. féd. Mines et Géol. AOF, Dakar.
- (54) MARCHAND J. (1958) - Hydrogéologie du Sénégal central. Rapp. Serv. Géol. et Prosp. Min. AOF, Dakar.
- (55) MARTIN A. (1962) - Forage de Thiès-ville 1962. Essais de débit (Sénégal) Rapp. BRGM DAK 62 A 37, Arch. Minist. T.P., Transports et Télécommunications, Dakar.
- (56) MARTIN A. et MOUSSU H. (1962) - Etude du comportement hydraulique de la partie méridionale du casier calcaire de Sébikotane (Sénégal). Rapp. BRGM DAK 62 A 38, Arch. Minist. T.P., Habitat et Urbanisme, Dakar.

- (57) MARTIN A. (1963) - Alimentation en eau de Dakar. Recherche de ressources nouvelles au pied de la falaise de Thiès (Sénégal). Rapp. BRGM DAK 63 A 6, Arch. Minist. T.P., Transports et Télécommunications, Dakar.
- (58) MARTIN A. (1963) - Etude hydrogéologique de la région de Kédougou-Bakel (Sénégal oriental) Campagne 1962. Rapp. BRGM 63 A 12, Arch. Minist. T.P., Transports et Télécommunications, Dakar.
- (59) MARTIN A. (1964) - Alimentation en eau de Dakar. Recherche de ressources nouvelles au pied de la falaise de Thiès. Campagne 1963. Rapp. BRGM DAK 64 A 8, Arch. Minist. Hydraul. et Energie, Dakar.
- (60) MARTIN A. (1965) - Note sur la qualité des eaux de Pout-Sud. BRGM, Dakar.
- (61) MARTIN A. (1965) - Alimentation en eau de Dakar. Hydrogéologie du casier sud de Pout (campagne 1964). Rapp. BRGM DAK 65 A 3, Arch. Minist. Energie et Hydraul., Dakar.
- (62) MARTIN A. (1965) - Alimentation en eau de Dakar. Hydrogéologie du casier nord de Pout. Campagne 1964-1965. Rapp. BRGM DAK 65 A 26, Arch. Minist. Energie et Hydraul., Dakar.
- (63) MARTIN A. (1967) - Alimentation en eau de Dakar. Etude hydrogéologique du horst de N'Diass. Rapport de synthèse. Rapp. BRGM DAK 67 A 9, Arch. Minist. Energie et Hydraul., Dakar.
- (64) MARTIN A. et MOUSSU H. (1967) - Essai de suralimentation de la nappe des calcaires de Sébikotane pour la création d'une retenue. AIH, Mémoires t. 7, Réunion de Hannover 1965, p. 283-285.
- (65) MARTIN A. (1972) - Approvisionnement en eau et assainissement de Dakar et ses environs. O.M.S./W.H.O. Arch. Minist. Développ. Indust. Dakar.
- (66) MERMILLOD J. (1967) - Mémoire sur les perspectives d'aménagement hydropastoral. Région du Ferlo - Région ouest du lac de Guiers. Rapp. BRGM, Dakar. Arch. Dir. Elevage et Ind. animales, Dakar.
- (67) MERMILLOD J. et DASSIBAT C. (1968) - Etude hydrogéologique pastorale de la zone de Tambacounda. Rapport provisoire juin 1968. Arch. Dir. Elevage et Ind. animales, Dakar.
- (68) MOUSSU H. (1967) - La carte hydrogéologique du Sénégal au 1/500 000. AIH, Mémoires t. 7, Réunion de Hannover 1965, p. 235-239.
- (69) NAPIAS J.C. (1967) - Hydrogéologie de la moyenne et haute Casamance (Sénégal). Rapp. BRGM DAK 67 A 11, Arch. Dir. Energie et Hydraul., Dakar.
- (70) NOEL Y. (1975) - Etude hydrogéologique des calcaires lutétiens de la région de Bambey (1ère phase). Rapport BRGM 75 DAK 01, Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural.
- (71) NOEL Y. (1975) - Etude hydrogéologique du Continental terminal de Sine Gambie (1ère phase) Rapport BRGM 75 DAK 04, Arch. Dir. Hydraul. et Equip. rural.

- (72) PLAUD M. (1966) - Pose de piézomètres et étude de la nappe phréatique autour de Joal-Fadiouth. Rapp. BRGM DAK 67 A 2, Arch. Dir. Energie et Hydraul., Dakar.
- (73) PLAUD M. (1967) - Etude des nappes aquifères superficielles de la région de Joal-Fadiouth. Rapp. BRGM DAK 67 A 2, Arch. Dir. Energie et Hydraul., Dakar.
- (74) PLAUD M. (1967) - Les lentilles d'eau douce des îles du Saloum (Sénégal). Rapp. BRGM DAK 67 A 7, Arch. Dir. Energie et Hydraul., Dakar.
- (75) - PLOTE H. (1970) - Application de méthodes hydrogéologiques avancées à l'alimentation en eau de Dakar (Sénégal). Rapp. BRGM 70 DAK 7, Arch. CIEH, Ouagadougou.
- (76) PUTALLAZ J. (1962) - Hydrogéologie de la région des Niayes (Sénégal). Rapp. BRGM DAK 62 A 12, Arch. Minist. T.P., Transports et Télécommunications, Dakar.
- (77) SAINTON (1957) - Etude géologique de la région du lac de Guiers (Sénégal). Rapp. Serv. Géol. et Prosp. Min. AOF, Dakar.

TCHAD

RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE DU TCHAD

1 - CADRE GEOGRAPHIQUE

Seule est représentée la partie du territoire tchadien située au Sud du 20ème degré de latitude Nord, soit environ 1 049 300 km².

Les aquifères généralisés sont liés aux formations sédimentaires du bassin du Tchad. Celui-ci est limité par les remontées du socle :

- à l'Est : l'Ouaddaï et le Guera,
- au Sud-Ouest : le Mayo Kebbi,
- au Nord : l'Emi Koussi.

Ce socle recèle des aquifères discontinus.

2 - AQUIFERES GENERALISES

. PLIOQUATERNAIRE (28 et 30^{es})

Une série fluvio-lacustre et des dunes, constituent l'aquifère supérieur libre centré sur le lac Tchad. L'hétérogénéité y est la règle.

Dans les niveaux inférieurs de cette série également constitués de sables, une nappe captive appelée "Nappe moyenne sous pression des formations du Tchad", offre d'excellentes ressources autour du lac où elle est artésienne. La profondeur du toit de l'aquifère varie de 250 à 350 m.

Ressources utilisables potentielles - Nappe supérieure libre

Ressource renouv (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouv. natur. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 100	235 440	3 590	15

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
1 à 10	1/3 épaisseur saturée	0,05 à 5,0*** 0,28 à 0,6****	235 440	66 240-146 570

* Numéros de référence porté sur la carte pour caractériser un aquifère.

*** Valeurs extrêmes.

**** Valeurs pondérées en fonction des surfaces concernées.

- Nappe moyenne sous pression

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
0,2 à 0,8	100 m sous le sol	0,2 à 1,0* 0,2 à 0,5***	130 000	28 360-59 440

. CRETACE (29)

Cette série laguno-lacustre du Mayo Kebbi présente à sa base des grès arkosiques, des microconglomérats et microbrèches. Elle contient peut être une nappe captive sous l'épais recouvrement marno-schisteux. La présence d'eaux superficielles et de nappes locales peu profondes, plus facilement exploitables, a jusqu'à présent fait négliger leur reconnaissance.

En l'état actuel des connaissances il n'est pas possible de chiffrer les ressources.

. CONTINENTAL TERMINAL (31)

Les grès et sables argileux du C.T. couvrent de vastes étendues :

- au Nord depuis les Pays Bas jusqu'à Batha où les puits traditionnels (Saniés) descendent parfois jusqu'à 80 m pour atteindre la nappe.
- au Sud dans les Koros où la nappe est en relation directe avec les cours d'eau ; la profondeur de la surface libre peut cependant dépasser 90 m dans les interfleuves.

Dans la région de Doba, des travaux de géophysique ont révélé l'existence d'une fosse comportant une série résistante, très puissante. Celle-ci recèle vraisemblablement des niveaux aquifères importants.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouv. natur. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 25	130 200 (Nord)	≠ 0	≠ 0
25 à 150	160 000 (Sud)	13 330	83

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
5 à 10	5	0,25 à 0,50	290 200	72 550-145 100

. **CAMBRIEN-VISEEN (32)**

Représenté par des grès grossiers à galets, des grès psammitiques, des grès grossiers kaolineux, il contient une nappe généralisée, dite de Borkou-Ennedi, de forte productivité.

Les forages l'atteignant à Largeau donnent des débits de l'ordre de 1000 m³/jour. Cependant les exploitations traditionnelles se font par puits captant le plus souvent les ressources des nappes alluviales.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouv. natur. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 10	114 750	≠ 0	≠ 0

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
5 à 10	10	0,5 à 1,0	114 750	57 370-114 750

. **CARBONIFERE MARIN (33)**

Composé de grès, marnes et calcaires, cette série, aux productivités présumées faibles est très mal connue car non utilisée ; les populations exploitent traditionnellement les nappes alluviales.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouv (10 ³ m ³ /km ²) val. extrêmes	Surface (km ²)	Volume ressource renouv. natur. (Mm ³ /an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 10	19 120	≠ 0	≠ 0

Coefficient S (10 ⁻²)	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm ³ /km ²)	Surface (km ²)	Volume réserve exploitable (Mm ³)
2 à 5	5	0,1 à 0,25	19 120	1 910-4 780

. **GRES DE NUBIE (34)**

Ils comprennent des grès conglomératiques, des grès calcaires et des argilites. Peu connus au Tchad, ils pourraient cependant comme au Soudan et en Libye, constituer un aquifère important. C'est donc par analogie que leurs ressources en eau souterraine ont été évaluées.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouvelée ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouvelée, naturel. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
0 à 10	72 990	≠ 0	≠ 0

Coefficient S (10^{-2})	Rabattement (m)	Réserve exploitable (Mm^3/km^2)	Surface (km^2)	Volume réserve exploitable (Mm^3)
5 à 10	10	0,5 à 1,0	73 000	36 500-73 000

3 - AQUIFERES DISCONTINUS (tableau 8)

. SOCLE CRISTALLIN ET CRISTALLOPHYLLIEN (12)

Il est représenté par les massifs de l'Ouaddaï et du Guera, à l'Est, du Mayo Kebbi au Sud-Ouest et de l'Emi Koussi au Nord.

Ouaddaï-Guera. Principalement constitués de granites, accessoirement de schistes, ces massifs n'offrent que des ressources discontinues liées à l'altération et/ou la fissuration et fracturation et aux épandages alluviaux.

Quelques lambeaux de grès primaires, reliquats d'une couverture ancienne peuvent constituer des réservoirs localement.

En piémont de ces massifs, les formations sédimentaires argilo-sableuses de faible puissance sont dans leur ensemble stériles (biseau sec). Localement existent des nappes perchées à l'occasion de microstructures favorables.

Nayo-Kebbi et région de Baïkokoum : les conditions d'altération et de fissuration sont, là aussi, les seuls guides favorables à la découverte de réservoirs. Les précipitations relativement importantes permettent d'escompter une alimentation non négligeable.

Emi Koussi : Il s'agit ici d'épanchements volcaniques sur le socle cristallin. Les ressources renouvelables sont probablement négligeables ; cependant par concentration du ruissellement certains épandages alluviaux peuvent être sporadiquement alimentés.

Ressources utilisables potentielles

Ressource renouvelée ($10^3 \text{ m}^3/\text{km}^2$) val. extrêmes	Surface (km^2)	Volume ressource renouvelée, naturel. (Mm^3/an)	Lame d'eau infiltrée Moy. théor. équiv. (mm)
50 à 100	12 000 Sud	660	55
0 à 50	220 800 Nord	3 020	14

Numéro d'inventaire	NOM	COORDONNEES		Profondeur totale en m	Profondeur de l'eau sous le sol en m	Débit en m ³ /h ou m ³ /j	Rabatement en m	NATURE DE L'AQUIFERE
		LATITUDE	LONGITUDE					
T 1	Tondou	13° 46' 46" N	20° 53' 25" E	16,0	13,3	(01-67)	0,1 m ³ /j	Migmatites
T 2	Chafok	13° 42' 20"	20° 56' 05"	23,3	17,2	(02-67)	0,03	Migmatites
T 3	Denger	13° 18' 40"	21° 00' 50"	20,2	9,8	(01-67)	élevé	Amphibolite
T 4	Taouile	13° 19' 25"	21° 00' 00"	23,3	9,6	(02-67)	élevé	Arène granitique
T 5	Birhamdi	13° 52' 35"	20° 45' 45"	25,5	22,8	(02-67)	8,0	Arène granitique
T 6	Kacha	13° 54' 10"	20° 40' 15"	29,6	13,6	(02-67)	9,0	Arène granitique
T 7	Toka	13° 51' 30"	20° 37' 15"	22,9	19,2	(02-67)	0,02	Granite
T 8	Mistakheda	13° 51' 55"	20° 37' 35"	30,9	27,2	(02-67)	0,1	Granite
T 9	Ansidir	13° 49' 10"	20° 46' 15"	37,9	15,4	(02-67)	36,0	Arène granitique
T 10	Ideltaouil	13° 26' 45"	20° 21' 45"	20,6	11,5	(03-67)	Important	Granite
T 11	Kamouna	13° 27' 45"	20° 24' 30"	22,5	14,2	(03-67)	élevé	Arène granitique
T 12	Elgarada	13° 27' 30"	20° 27' 10"	32,2	27,6	(03-67)	0,5	Alluvions
T 13	Khafour	13° 27' 40"	20° 31' 05"	33,9	31,2	(03-67)	0,9	Alluvions
T 14	Girindik	13° 29' 05"	20° 33' 15"	38,8	29,3	(03-67)	1,8	Alluvions
T 15	Natika	13° 40' 10"	21° 57' 40"	23,9	13,1	(02-68)	36,0	Arène granitique
T 16	Tong	13° 58' 50"	22° 14' 20"	23,2	19,1	(02-68)	0,3	Arène granitique
T 17	Touakorangay	14° 59' 15"	22° 00' 15"	20,3	11,8	(02-68)	0,7	Microgranite
T 18	Ogoune II	14° 33' 25"	22° 10' 50"	29,8	11,8	(02-68)		Alluvions
T 19	Ouadi Goura II	14° 36' 45"	22° 13' 50"	22,3	7,5	(03-68)	1,0	Granite
T 20	Lima	14° 28' 30"	22° 12' 05"	22,1	5,6	(03-68)		Alluvions
T 21	Kouzera	14° 44' 45"	20° 46' 10"	32,5	24,1	(03-66)	0,1	Mylonite
T 22	Dourmon	14° 45' 00"	20° 53' 20"	39,0	33,2	(03-66)	0,3	Micaschistes
T 23	Hadjelidj	14° 31' 55"	20° 34' 00"	28,3	15,8	(03-66)	0,5	Mylonite
T 24	Bobok	14° 33' 25"	20° 41' 50"	25,4	11,7	(03-66)	1,2	Granite
T 25	Sarim II	15° 05' 40"	20° 25' 20"	25,0	8,0	(06-66)	0,1	Granite
T 26	Fama	15° 11' 45"	20° 53' 50"	42,9	32,8	(04-66)	0,3	Granite
T 27	Ofoun	14° 27' 20"	20° 57' 50"	40,4	34,9	(05-66)	0,1	Arène granitique
T 28	Koutba	14° 56' 10"	21° 13' 50"	28,5	21,5	(05-66)	0,02	Arène granitique

4 - BIBLIOGRAPHIE

- (1) ABADIE J. (1961) - Résultats du forage de reconnaissance de Largeau. Rapp. IEREGM.
- (2) ABADIE J. (1964) - Programme de puits à effectuer dans la Préfecture de Biltine. Rapp. BRGM LAM 64 B 2, Arch. Sous-préf. Iriba et Guéréda. Tchad.
- (3) ABADIE J. (1964) - Etudes géologiques et hydrogéologiques dans la région de Largeau (Tchad). Rapp. BRGM LAM 64 A 4, Arch. Serv. G.R. et Agricult., Fort-Lamy.
- (4) ABADIE J., CLUSEAU R. et SCHNEIDER J.L. (1964) - Contribution à l'hydrogéologie du Nord Kanem. Prospection par sondages électriques à l'Est du Bahr-el-Gazal entre les 14ème et 16ème parallèles. Rapp. BRGM DS 64 A 63, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (5) ABADIE J. et GAGNIERE G. (1964) - Enquête hydrogéologique et préparation de l'implantation des sondages de reconnaissance dans le Sud de l'Ennedi, le Batha, l'Ouaddaï, le Kapka, au cours du 1er semestre 1963. Rapp. BRGM LAM 64 B 1.
- (6) ABADIE J. et GAGNIERE G. (1967) - Carte hydrogéologique de reconnaissance au 1/500 000. Notice explicative de la feuille Batha. Rapport de synthèse de la feuille Batha. Rapp. BRGM LAM 67 A 2, Arch. Serv. Hydraul., Fort-Lamy.
- (7) BALAKHANY (1966) - Régime du premier forage d'exploitation à Koundou et coupe des terrains traversés. Arch. Bureau de l'Eau, Fort-Lamy.
- (8) BARBEAU J. (1954) - Hydrogéologie du bassin tchadien. Rapp. Ann. Serv. géol. AEF 1954, p. 7 à 13.
- (9) BARBEAU J. (1956) - Hydrogéologie du bassin tchadien : zone sud (Chari Baguirmi). Bull. Dir. Min. et Géol. AEF n° 7, 1956, p. 95-96.
- (10) BARBEAU J. (1956) - Notice explicative sur la feuille Fort-Lamy. Carte géologique de reconnaissance 1/1 000 000 Arch. Dir. Min. et Géol. AEF.
- (11) BONNET M. et SCHNEIDER J.L. (1968) - Fluctuations des nappes au Kanem, Chari-Baguirmi et Batha (Tchad). Programme 1964-1966. Rapp. BRGM 68 YAO 6 LAM, Arch. Minist. des P. et Ch., Serv. Etudes et Hydraul., Fort-Lamy.
- (12) BOURGNE L. (1964) - Nivellement des points d'eau dans le Salamat. Campagne 1961-62. Rapp. BRGM LAM 64 A 2 bis. Arch. Serv. G.R. et Agricult., Fort-Lamy.
- (13) CLUSEAU R. (1963) - République du Tchad - Hydraulique pastorale. Campagne des 116 forages. Prospection électrique. Campagne de sondages électriques. Rapp. BRGM DS 63 A 115.
- (14) CLUSEAU R. (1964) - République du Tchad. Prospection électrique effectuée dans le cadre de la campagne des 116 forages. Avril-juin 63. Novembre 63-juin 64. Rapp. BRGM DS 64 A 110.

- (15) CO.TE.I (1967) - Etude de l'alimentation en eau de la ville de Fort-Lamy.
Vol. I : Introduction et rapport de synthèse.
Vol. II : Climatologie - géologie - géophysique.
Vol. III : Hydrogéologie.
Vol. IV : Système d'alimentation et distribution. Avant-projet des ouvrages.
Florence (Italie). Arch. Bureau de l'Eau, Fort-Lamy.
- (16) DUPUY J.M. (1966) - Forage du camp Dubut. Exécution, essais, étude de la nappe. Arch. Bureau de l'Eau, Fort-Lamy.
- (17) GAGNIERE G. (1964) - Rapport de fin de mission. Campagne des 116 forages FED (Tchad). Rapp. BRGM LAM 64 A 8, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (18) GAGNIERE G. et PLOTE H. (1966) - Programme quadriennal d'aménagement hydraulique de l'Ouaddaï. Etude du secteur nord ouest. Campagne 1964-1965. Etudes géophysiques et sondages de reconnaissance. Exposé et interprétation. Rapp. BRGM LAM 66 A 05. Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (19) GAGNIERE G. (1967) - Programme quadriennal d'aménagement hydraulique de l'Ouaddaï. Etude des secteurs nord est et centre ouest. Etudes géophysiques et sondages de reconnaissance. Campagne 1966. Exposé et interprétation des résultats. Rapp. BRGM LAM 67 A 3, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (20) GENIE RURAL (1964) - Rapport de tournée pour la réception définitive du marché n° 4 FED concernant les 125 puits (Sud du Tchad).
- (21) GENIE RURAL (1965) - Implantation des 3 forages : Koundou, Maoujibe et Bele dans la Tandjile.
- (22) GURGAND M. (1964) - Rapport de tournée (24 mai au 6 juin 1964) pour la réception définitive du marché n° 4 FED concernant les 125 puits dans le Sud du Tchad. Rapp. G.R., Fort-Lamy.
- (23) HORN R. (1962) - Zone de Bokoro (Tchad). Essai d'interprétation de sondages électriques. Rapp. BRGM DS 62 A 54.
- (24) IGIP (1969-1972) - Construction de puits au Kanem. Arch. Bureau de l'Eau, Fort-Lamy.
- (25) LEBLOND M. (1966) - Compte rendu d'exécution du programme de construction de puits dans le centre est tchadien. Rapp. BDPA (Bureau pour le dévelop. prod. agr.). Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (26) LESSARD L. (1965) - Implantation d'un puits pour les futurs abattoirs de Bitkine. Arch. Bureau de l'Eau, Fort-Lamy.
- (27) LOHOU R. (1966) - Rapport sur le forage du marché de Fort-Lamy. Exécution, essais, étude de la nappe. Rapp. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (28) LOHOU R. - Rapport de mission sur les 46 puits FAC de la région de Bokoro. Rapp. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (29) L.T.S. (Les Travaux Souterrains) (1965) - Adduction d'eau de la ville de Kourma. Adduction de la ferme expérimentale de Koundoul. Puits dans les zones de Soulia Kecherda, effectués en 1963.

- (30) MARREC C. (1965) - Compte rendu sur la mission topographique.
Nivellement de la feuille Batha-Ouaddaï (Tchad). Rapp. BRGM DS 65 B 14.
- (31) MERMILLOD J. (1961) - Deuxième note hydrogéologique préliminaire,
Route du bétail, Guéra. Tronçon Djében - Kendegue (résultats
campagne sondages électriques). Arch. IEREGM.
- (32) MERMILLOD J. (1962) - Adduction de Pala. Note sur les travaux de pros-
pection électrique de l'ORSTOM, Rapp. BRGM LAM 64 B 7, Arch. Minist.
T.P., Fort-Lamy.
- (33) MERMILLOD J. (1963) - Note préliminaire sur la nappe phréatique de la
partie nord du bassin de l'Aouk Salamat (Tchad). Rapp. BRGM
LAM 63 A 1, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (34) MERMILLOD J. (1963) - Supplément à la note préliminaire sur la
nappe phréatique de la partie nord du bassin de l'Aouk Salamat,
zone montagneuse et de piémont du Bahr Azoum (Tchad). Rapp. BRGM
LAM 63 A 4, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (35) MERMILLOD J. (1964) - Note justificative des modifications apportées
au programme des forages de reconnaissance hydrogéologique FEDOM.
1ème tranche. Rapp. BRGM LAM 64 B 3, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (36) MERMILLOD J. (1964) - Note d'information hydrogéologique sur les
routes du bétail (Tchad). Rapp. BRGM LAM 64 B 4, Arch. Minist.
T.P., Fort-Lamy.
- (37) ORSTOM (1968) - Liste chronologique des études effectuées par l'ORSTOM
en République du Tchad.
Etude des formations sédimentaires du Kanem (1967).
- (38) PETITCOLIN P. (1964) - Rapport d'exécution-campagne de 116 sondages
FED. Rapp. L.T.S. Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (39) PETITCOLIN P. (1964) - Forage de Bailli. Rapp. L.T.S. Arch. Dir.G.R.
Fort-Lamy.
- (40) PETITCOLIN P. (1964) - Ranch de l'Ouadi Rine. Exécution d'un forage
d'exploitation à proximité du puits R4. Rapp. L.T.S. Arch. Minist.
T.P., Fort-Lamy.
- (41) PHILIPART A. (1964) - Enquête hydrogéologique dans la région nord
est (Batha, Guéra, Ouaddaï) (Tchad). Rapp. BRGM LAM 64 A 3, Arch.
Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (42) PLOTE H. (1964) - Programme quadriennal d'aménagement hydraulique
de l'Ouaddaï. Etude du secteur nord ouest (4 vol.). Rapp. BRGM
LAM 64 A 9, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (43) PLOTE H. (1966) - Programme quadriennal d'aménagement de l'Ouaddaï.
Etude du secteur nord est. Campagne 1964-1965. Rapport général.
Inventaire des points d'eau et programme. Rapp. BRGM LAM 66 A 4,
Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (44) PLOTE H. (1967) - Programme quadriennal d'aménagement hydraulique
de l'Ouaddaï. Etude du secteur sud. Campagne 1965-1966. Rapport
général et programme des travaux pour 1966-67. Inventaire des points
d'eau sur les feuilles Abougoulem-Adré et Abéché. Rapp. BRGM
LAM 67 A 6, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.

- (45) PLOTE H. (1967) - Programme quadriennal d'aménagement hydraulique de l'Ouaddaï. Etude du secteur centre ouest. Sondages de reconnaissance dans la région d'Abéché. Campagne 1966-1967. Exposé et interprétation des résultats. Rapp. BRGM LAM 67 A 7, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (46) PLOTE H. (1968) - Programme quadriennal d'aménagement hydraulique de l'Ouaddaï. Etude du secteur sud. Rapport général et programme des travaux. Inventaire des points d'eau sur les feuilles Guéréda et Am Zoer (4 vol.). Rapp. BRGM 68 YAO 4 LAM, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (47) PLOTE H. (1968) - Programme quadriennal d'aménagement hydraulique de l'Ouaddaï. Etude du secteur sud. Sondages de reconnaissance. Campagne 1967- 1968. Exposé et interprétation des résultats. Rapp. BRGM 68 YAO 7 LAM, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (48) PLOTE H. (1970) - Programme quadriennal d'aménagement hydraulique de l'Ouaddaï. Notice explicative et registre des aménagements et travaux de prospection proposés. Rapp. BRGM 70 RME 034, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (49) PLOTE H. (1970) - Implantation de 32 puits FED (lot n° 1) Ouaddaï (Tchad). Rapp. BRGM 70 RME 036, Arch. Dir. G.R. et Hydraul. agricole, Fort-Lamy.
- (50) PLOTE H. (1970) - Programme quadriennal d'aménagement hydraulique de l'Ouaddaï. Hydrogéologie de l'Ouaddaï. Rapport de synthèse (Tchad). Rapp. BRGM 70 YAO 004 LAM, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (51) PNUD/FAO (1969- 1973) - Commission du Bassin du lac Tchad (Cameroun, Niger, Nigéria, Tchad). Programme des nations unies pour le développement - Rome, 1973.
- (52) SCHNEIDER J.L. (1962) - Implantation de 36 puits dans le Leloa (Kanem). 2ème tranche FED (Tchad). Rapp. BRGM Fort-Lamy, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (53) SCHNEIDER J.L. (1963) - Etudes hydrogéologiques dans la préfecture du Kapka (Tchad). Campagne 1962. Sismique réfraction et sondages de reconnaissance. Rapport de fin de travaux. Rapp. BRGM, Fort-Lamy, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (54) SCHNEIDER J.L. (1963) - Enquête hydrogéologique dans le Chitati septentrional (Kanem, Tchad) (FED). Rapp. BRGM, Fort-Lamy, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (55) SCHNEIDER J.L. (1966) - Carte hydrogéologique de la République du Tchad au 1/500 000. Feuille Mao. Notice explicative. Rapport de synthèse. Rapp. BRGM LAM 66 A 3, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (56) SCHNEIDER J.L. (1967) - Rapport fluctuations des nappes du Kanem, Chari-Baguirmi, Batha. Année 1963. Rapp. BRGM LAM 67 A 1, Arch. Dir. T.P., Serv. Hydraul., Fort-Lamy.
- (57) SCHNEIDER J.L. (1967) - Carte hydrogéologique de reconnaissance au 1/500 000. Feuille Fort-Lamy. Notice explicative. Rapport de synthèse. Rapp. BRGM LAM 67 A 4, Arch. Dir. T.P., Serv. Hydraul. Fort-Lamy.

- (58) SCHNEIDER J.L. et TEIXIDO L. (1967) - Programme des 153 puits d'hydraulique pastorale dans les préfectures du lac du Kanem et du Borkou-Ennedi - Tibesti (Tchad). Rapport d'implantation (2 vol.). Rapp. BRGM LAM 67 A 5, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (59) SCHNEIDER J.L. et BONNET M. (1969) - Un exemple d'application de la méthode de Carson. La place, pour l'étude des relations entre nappe et rivière. Analyse des variations du niveau du Chari sur la nappe de la dépression tchadienne. Journée Henri SCHOELLER. Congrès national d'hydrogéologie, Bordeaux, 31 mars-2 avril 1969. Mémoire BRGM n° 76 p. 53-89.
- (60) SCHNEIDER J.L. (1968) - Carte hydrogéologique de reconnaissance du Tchad au 1/500 000. Rapport de synthèse et notice explicative de la feuille Pays-Bas - Largeau. Rapp. BRGM 68 YAO 005 LAM, Arch. Minist. T.P., Serv. Etudes et Hydraul., Fort-Lamy.
- (61) SCHNEIDER J.L. (1970) - Notice explicative de la carte hydrogéologique au 1/1 500 000 de la République du Tchad (FAC). Rapp. BRGM 70 RME 029.
- (62) TORRENT H. (1964) - Etudes géologiques et hydrogéologiques dans le Mayo Kebbi (Tchad). Rapp. BRGM LAM 64 A 5, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (63) TORRENT H. (1964) - Données complémentaires sur la géologie du bassin du Logone - Chari résultant de l'étude des coupes des 125 puits FED. Rapp. BRGM LAM 64 A 6, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (64) TORRENT H. (1964) - Carte hydrogéologique de la République du Tchad au 1/500 000, feuille Moundou et notice explicative. Rapport de synthèse. Rapp. BRGM LAM 64 A 10, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (65) TORRENT H. et PHILIPPART A. (1966) - Implantation de 165 puits dans les préfectures du Chari-Baguirmi, du Batha, de l'Ouadaï et de Biltine. Etudes hydrogéologique et socio-économique avec fiches d'implantation. Rapp. BRGM LAM 66 A 2, Arch. Dir. G.R. et Hydraul. agricole, Fort-Lamy.
- (66) TORRENT H. (1966) - Carte hydrogéologique du Tchad au 1/500 000 et notice explicative. Feuille Bongor. Rapport de synthèse (FAC). Rapp. BRGM LAM 66 A 6, Arch. Minist. T.P., Fort-Lamy.
- (67) ZOUBOVSKY J.P. (1968) - Etude des différents rapports concernant la préfecture de Guéra - Géologie, Hydrogéologie, Climatologie, Hydrologie.
- Rapport de mission dans le Chari-Baguirmi : rapport d'enquêtes sur les points d'eau de la partie nord ouest du Chari-Baguirmi du 8 au 12/11/68.
 - Rapport de mission à Abéché du 4 au 11/11/1968. Essai de pompage sur le puits Tavel.
 - Rapport de tournée dans le cadre du contrôle des travaux de forages des puits dans le Chari-Baguirmi. Programme de 165 puits FED (1968).

- Rapport des missions mai et juin 1967 sur les 46 puits FAC de Bokoro.
 - Rapport de tournée à Doba du 5 au 8/4/1967.
 - Liste des puits existants archivés par le Bureau de l'eau concernant la préfecture du Chari-Baguirmi.
 - Rapport de mission dans le Guéra.
 - Observations sur le rapport de l'étude de l'alimentation en eau de Fort-Lamy.
- (CO.TE.I, Florence), Arch. Bureau de l'Eau, Fort-Lamy.

LISTE DES DOCUMENTS ANNEXES

Pages

Dans le texte

- ORDRE DE GRANDEUR DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE PAR PAYS ET PAR AQUIFERES POUR LES REGIONS CARTOGRAPHIEES	
Tableau 1	9
- POINTS D'EAU EN ZONE D'AQUIFERES DISCONTINUS	
Tableau 2 : CAMEROUN	26
Tableaux 3a, 3b, 3c, 3d : HAUTE-VOLTA	38 à 41
Tableaux 4a, 4b : MALI	57 - 58
Tableaux 5a, 5b : MAURITANIE	69 - 70
Tableaux 6a, 6b : NIGER	86 - 87
Tableau 7 : SENEGAL	97
Tableau 8 : TCHAD	111
- PLAN DE SITUATION DES AQUIFERES ET COURBES DES HAUTEURS DE PLUIES EFFICACES	119

Hors texte

- CARTES DE PLANIFICATION POUR L'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES DE L'AFRIQUE SOUDANO-SAHELIENNE A 1/1 500 000	
Feuille ouest : GAMBIE, MALI, MAURITANIE, SENEGAL	
Feuille centre : HAUTE-VOLTA, MALI, NIGER	
Feuille est : CAMEROUN, NIGER, TCHAD	