

3-3-2 Hydrogéologie de la région du projet

Les nappes aquifères du tertiaire du littoral indiquées dans le tableau 3-5 constitueront les principales ressources en eau à capter dans la région du projet. A l'est dans la zone au socle rocheux, se trouvent des eaux de fissure dont les quantités peu importantes et la répartition instable sont peu propices à l'exploitation. Toutefois, dans les terres basses alluviales du sud, on constate la présence d'eaux souterraines peu profondes.

Pour ce qui est de la répartition des eaux souterraines par région, dans la région de TRARZA, comme indiqué sur la figure 3-8, un bon équilibre est assuré puisque les eaux salines du littoral sont sous le niveau de l'eau pure. Plus à l'intérieur des terres, comme indiqué sur la figure 3-10, une partie des couches en pente douce vers le nord-ouest est constituée de grains grossiers qui renferment l'eau. Dans la direction nord-sud, comme indiqué sur la figure 3-11, le niveau des eaux souterraines est élevé près du fleuve Sénégal, avec des profondeurs maximales de 10 mètres. Toutefois, ce niveau s'approfondit au fur et à mesure de la progression vers le nord et les eaux souterraines atteignent une profondeur comprise entre 50 et 70 mètres à proximité de la route nationale n°3.

La partie ouest de la région de BRAKNA présente des aspects similaires à celle de la région de TRARZA. Dans la partie est, comme indiqué dans la figure 3-9, le socle rocheux du Cambrien est situé à une faible profondeur de la couche du tertiaire et affleure plus à l'est. Le niveau des eaux souterraines baisse en raison des faibles précipitations au nord et, étant donné que l'eau n'existe que sous forme d'eau de fissure sur le socle rocheux, les eaux souterraines sont en petites quantités. Toutefois, comme indiqué précédemment, des aquifères peu profonds sont présents dans les terres basses du sud.

Les ressources en eau des aquifères du tertiaire du littoral proviennent principalement des pluies mais on peut supposer également que des apports sont faits par le fleuve Sénégal.

Les précipitations annuelles de la région du projet sont de 200 à 300 mm plus au sud de 18 degrés de latitude nord, et de moins de 100 mm au nord. Les précipitations sont moindres vers le nord et comme le relief est plat, seules de petites quantités s'écoulent vers les rivières, le reste des eaux, en dehors de l'évaporation, s'infiltrant dans le sous-sol pour former des aquifères dans les couches à grains grossiers. Etant donné que ces eaux souterraines dépendent des pluies, le niveau des eaux souterraines est profond au nord et peu profond au sud.

En ce qui concerne les oueds, leurs cours ne sont pas permanents et ils ne peuvent avoir un écoulement souterrain conséquent en raison de leur couche de recouvrement.

Pour ce qui est des apports par le fleuve Sénégal, les eaux du fleuve s'écoulent dans le lac R'Kiz en raison de sa basse altitude, et l'on peut prévoir également certains cas où les eaux du fleuve s'infiltreraient dans le sous-sol le long des couches gréseuses coincées dans les couches à grains fins du lit des oueds.

Comme indiqué dans le paragraphe 3-2-2, les anciens lits des rivières semblent les plus intéressants du point de vue de l'hydrogéologie. Ces lits forment une boucle de terrains bas dont les lacs R'Kiz et Aleg sont représentatifs. S'ils sont séparés par la désertification, ils forment un croissant vers le nord de la position actuelle du fleuve Sénégal, comme le montre la figure 3-12.

Dans ces terrains bas, on remarque la présence d'eaux souterraines vers l'intérieur. Ces eaux proviennent probablement d'une nappe d'écoulement souterrain d'une ancienne rivière dont les eaux sont actuellement raccordées à celles du fleuve Sénégal.

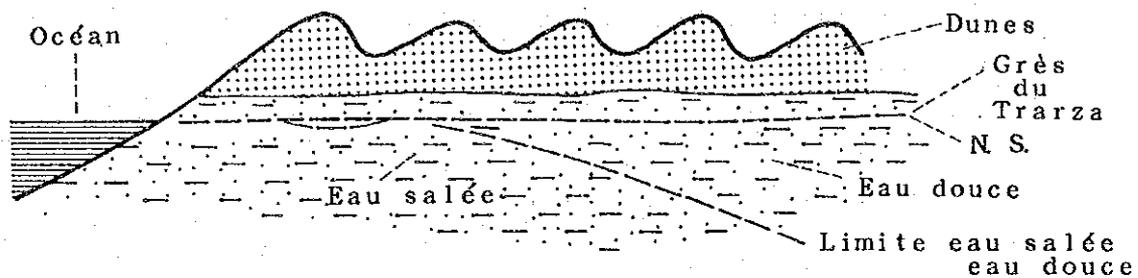


Figure 3-8

Coupe hydrogéologique de la région de TRARZA (d'est en ouest)

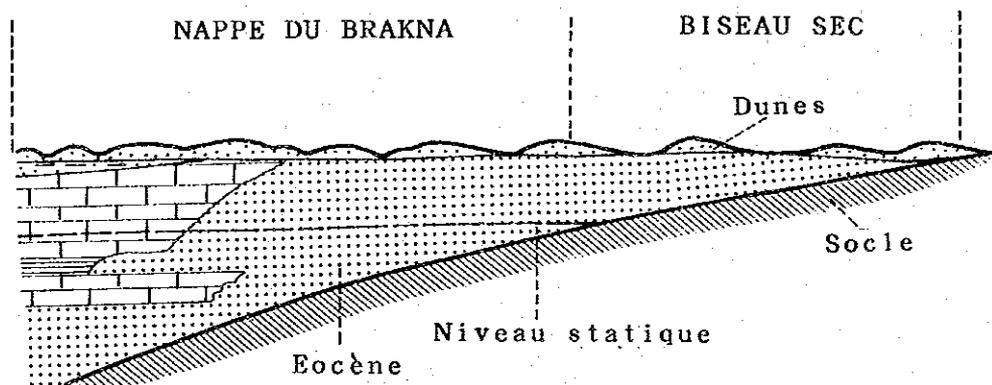


Figure 3-9

Coupe géologique de la région de BRAKNA (d'est en ouest)

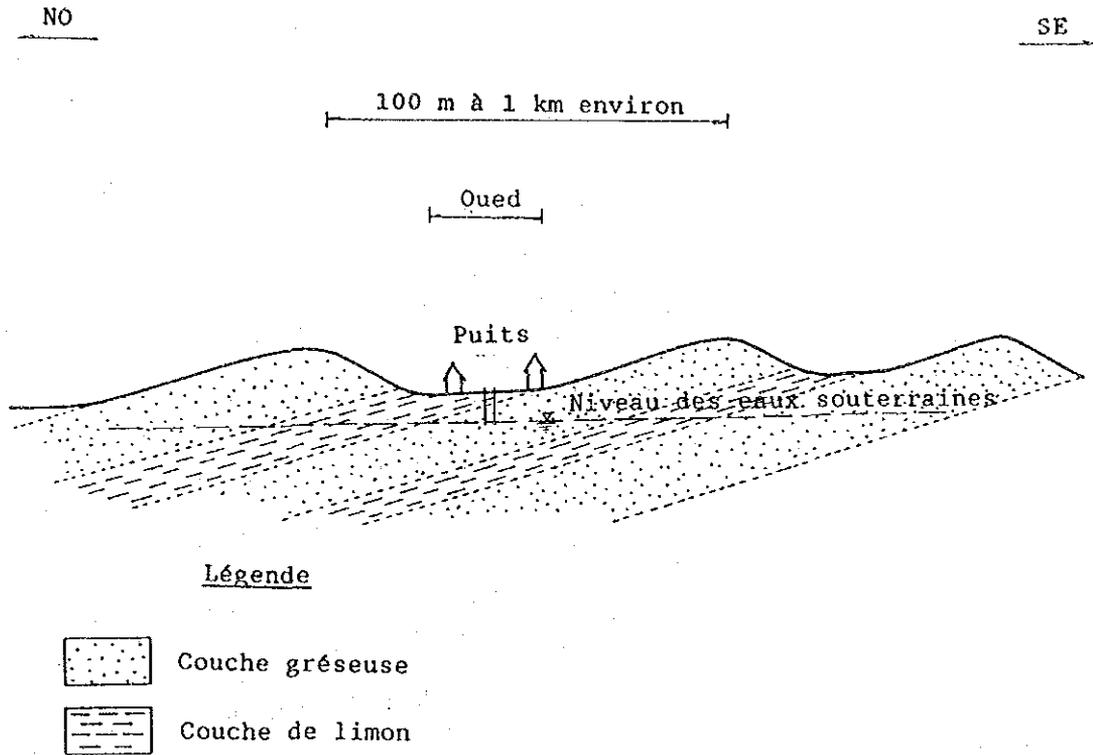


Figure 3-10 Coupe géologique de type transversal de l'oued et carte estimative des nappes souterraines de réserve

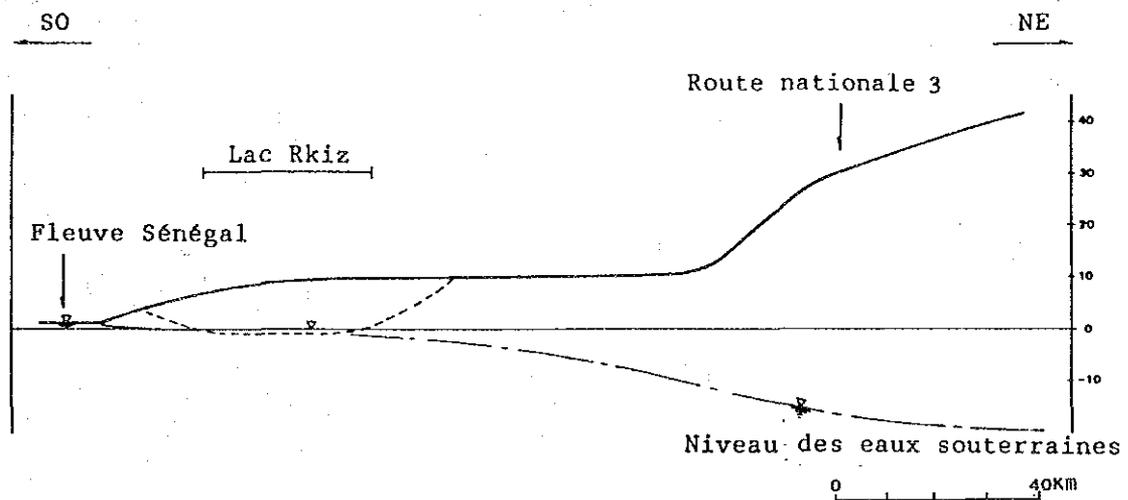
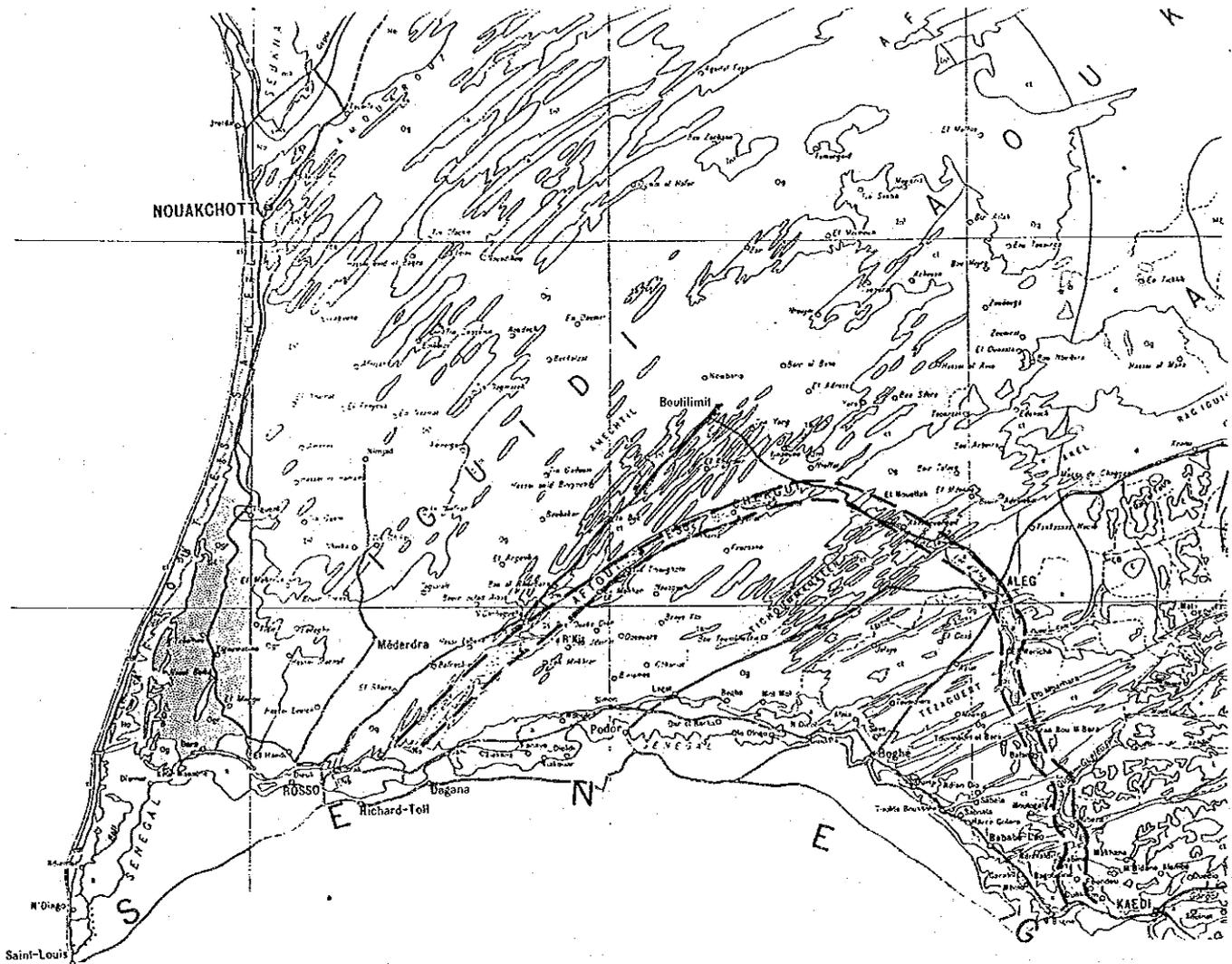


Figure 3-11 Carte de répartition des eaux souterraines des oueds le long du lac Rkiz

Figure 3-12 Ancien lit du Sénégal présumé à partir des terrains bas



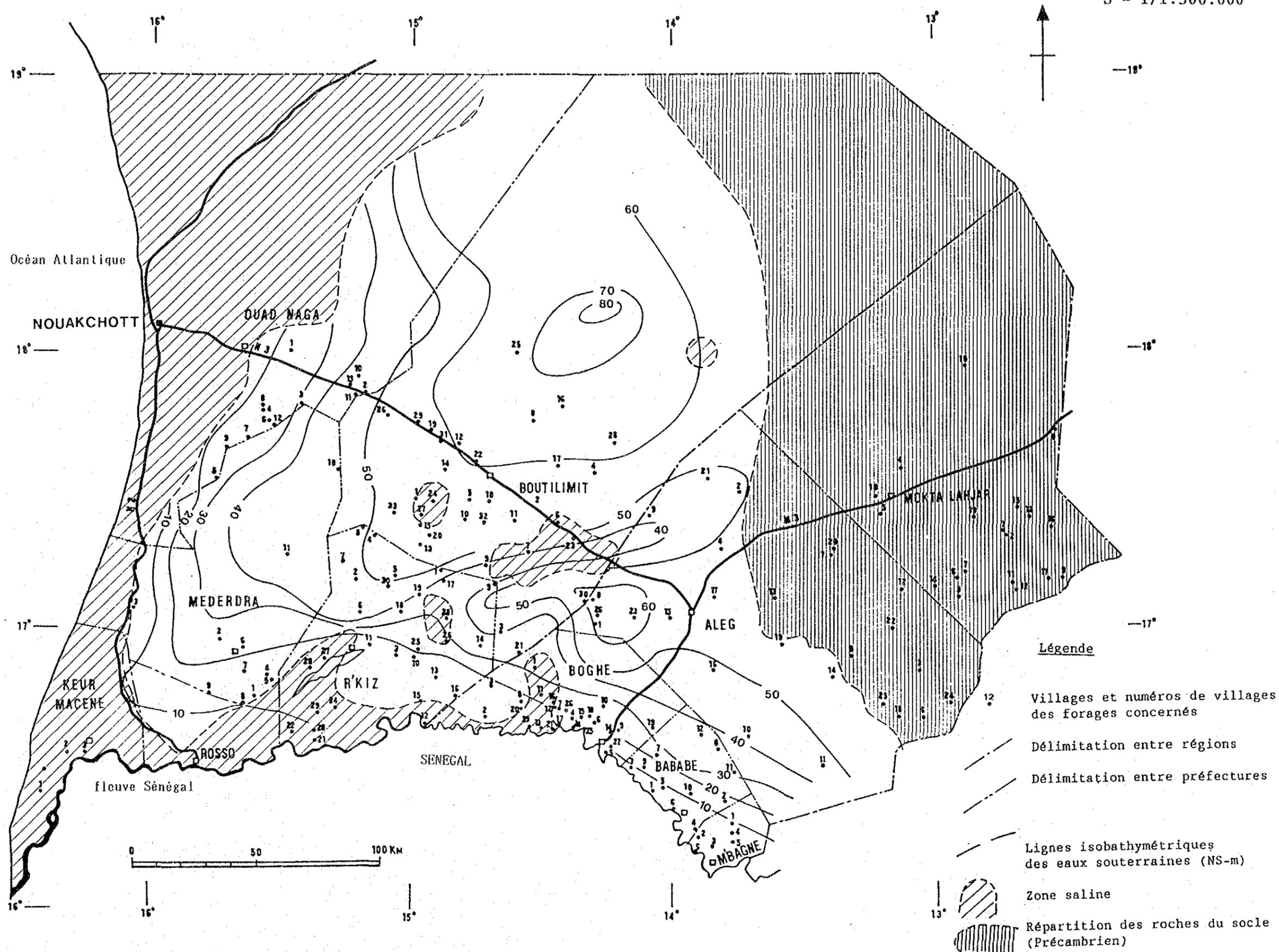
Légende

Echelle: 1/2.000.000



Ancien lit du fleuve

Figure 3-13 Lignes isobathymétriques de niveau des eaux souterraines dans la région du tertiaire
 S = 1/1.500.000



3-3-3 Salinité des eaux souterraines

La salinité des eaux souterraines constitue un des problèmes majeurs de l'exploitation des eaux dans la région du projet. Cette salinité se remarque au goût ou par le fait que le savon ne mousse pas. Si les eaux salées sont impropres à la consommation, le degré de salinité déterminant l'utilisation de l'eau potable varie d'un village à l'autre. Les eaux ne sont généralement plus consommées lorsque ce degré atteint 3.000 à 7.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductivité.

La répartition des eaux salines correspond approximativement à la région montrée sur la figure 3-13 et aux quatre zones suivantes conformément aux données existantes et aux documents recueillis lors de l'étude en site.

- (1) Région du littoral ouest
- (2) Région des rives du fleuve Sénégal
- (3) Terres basses d'anciens lits de rivière d'Aleg et R'Kiz
- (4) Autres

Si la cause de cette salinité est encore inconnue, certains éléments peuvent être évoqués pour expliquer ce phénomène comme indiqué au tableau 3-7. Ces éléments peuvent être résumés comme suit.

Dans la région du projet, la préfecture de Keul Macene est une région aux eaux salées qui appartient au paragraphe (1) ci-dessus, les raisons de leur salinité correspondant à l'alinéa (a) du tableau 3-6. Pour les autres régions, on peut penser que les sels contenus dans la terre se sont infiltrés dans les eaux souterraines le long des zones où les eaux souterraines sont moins profondes (ligne isobathe de 40 mètres sur la figure 3-13).

Les véritables raisons de la salinité, y compris les caractéristiques hydrogéologiques des anciens lits de rivières, seront probablement vérifiées lors des travaux de réalisation des forages.

Tableau 3-6 Hypothèses sur les causes de la salinité des eaux souterraines par région

Région	Hypothèses sur les causes de la salinité des eaux souterraines
Littoral ouest	<p>a. Le déséquilibre entre eau de mer et eau douce dû aux faibles précipitations a provoqué un recul de cette démarcation vers l'intérieur des terres. Dans la région nord en particulier où les pluies sont rares, très nette avancée de l'eau saline vers l'intérieur. A proximité de Nouakchott, progression de l'eau saline due aux grandes quantités de pompage.</p> <p>b. La pénétration des eaux souterraines est particulièrement notoire le long de la couche à grains grossiers très perméable et la répartition des eaux salines correspond à la structure géologique nord est-sud ouest.</p> <p>c. La totalité du sel présent dans les sédiments marins n'a pu être évacuée.</p>
Rive du fleuve Sénégal Terrains bas ancien lit de rivières Aleg-R'Kiz	<p>c. La totalité du sel présent dans les sédiments marins n'a pu être évacuée.</p> <p>d. Remontée vers l'amont de la mer pendant les sécheresses ou pénétration de l'eau de mer pendant la transgression marine de l'ère géologique.</p>
Autre (région intérieure)	<p>c. La totalité du sel présent dans les sédiments marins n'a pu être évacuée.</p>

3-3-4 Ressources en eau dans les villages

1) Type de forages et de puits

Tous les villages objets d'une enquête lors de la mission sont pourvus de puits, quelle que soit sa nature, à l'exception d'un village où un ancien forage a été détruit et d'un camp de nomades. On suppose que cette situation prévaut pour les autres villages où aucune enquête n'a été faite. Le tableau 3-7 présente le type de puits par village.

Les puits en béton ont été pour leur majeure partie construits par la Direction de l'Hydraulique. Par ailleurs, dans les villages du centre au nord de la région du projet qui possèdent un nombreux cheptel, le puits est entouré d'abreuvoirs pour le bétail. Dans la région sud, les puits sont généralement dépourvus d'abreuvoir. Les puits de la première région

sont généralement profonds, les eaux étant captées par traction du bétail. Ce type de puits est généralement éloigné de plusieurs dizaines mètres du village. Le puits est construit en creusant le sable et la terre et en en remblayant le pourtour. Une fois achevé, ce puits est généralement à une hauteur de 2 à 5 mètres supérieure au niveau du sol. Pour ce faire, le surplus d'eau s'écoule à la périphérie où se trouvent des excréments du bétail qui contaminent l'eau par l'intermédiaire de la corde ou du sable qui pénètrent dans le puits.

Les puits en béton avec captage manuel sont nombreux dans la région du sud où les eaux souterraines sont peu profondes. La hauteur de ces puits est pratiquement au même niveau que celle de la périphérie. Le bétail n'est pas utilisé pour le puisage et les puits sont donc relativement propres mais les eaux sont contaminées par l'infiltration des eaux renversées ou car ils sont souvent construits dans le village même.

La profondeur d'eau par rapport au fond du puits en béton varie est souvent de plusieurs dizaines de centimètres, malgré une profondeur d'excavation initiale de 3 à 5 mètres. Ceci s'explique par la pénétration du sable à l'intérieur du puits ainsi que par l'éboulement du sable au fur et à mesure du puisage. Certains puits sont donc complètement taris pendant la saison sèche et un curage des puits doit être effectué périodiquement.

Les puits avec captage par éolienne sont les plus fréquents dans la région de ROSSO. Un tuyau de captage est introduit à l'intérieur du puits en béton et la partie supérieure du puits est presque entièrement scellée. Le captage est effectué 24 heures sur 24 sans intervention humaine mais ces puits sont inutilisables jusqu'à leur réparation en cas de pannes.

Quatre forages avec électropompes ont été dénombrés dans la région du projet, deux d'entre eux étant en panne. S'ils sont plus onéreux et d'un entretien plus difficile que les autres puits, ils sont supérieurs du point de vue du débit et joueront un rôle prédominant pour résoudre le problème de l'insuffisance en eau.

Les forages avec générateur par énergie solaire ne sont installés que depuis peu de temps. Si aucun problème particulier n'a été remarqué jusqu'à présent, il sera nécessaire d'observer à l'avenir leur état de fonctionnement.

Les puits traditionnels se trouvent dans les régions aux eaux souterraines peu profondes mais en raison des sécheresses répétées, les eaux se sont enfoncées, forçant les villageois à recourir à des puits en béton.

Les habitants des villages dépourvus de puits utilisent les puits des villages voisins et doivent parcourir parfois des distances d'une dizaine de kilomètres pour puiser de l'eau dans des chambres à air en caoutchouc portées par des ânes. Cette méthode de transport est utilisée également par les villages disposant d'un puits.

Par ailleurs, les camps de nomades utilisent les flaques apparaissant provisoirement lors de la saison des pluies dont les eaux sont de très mauvaise qualité.

En résumé, l'approvisionnement en eau dans la plupart des villages est à peine suffisant et les eaux des puits sont contaminées par manque d'hygiène.

2) Gestion des puits

[Puits traditionnels]

Etant donné que les eaux souterraines des puits traditionnels sont peu profondes et que leurs parois en terre s'éboulent facilement, les villageois sont dans l'obligation de creuser un autre puits à proximité du premier lorsque celui-ci n'est plus utilisable.

[Forages avec électropompes]

Ces forages sont peu économiques du point de vue de leur exploitation et entretien et un comité de gestion des villageois doit être mis en place pour les recettes de l'eau tarifée. L'eau est facturée à 100 UM par mètre cube par habitant, 10 UM étant réservés à l'Etat, les 90 UM restants

servant aux frais de carburant et de réparation. Toutefois, les grosses réparations sont du domaine de la Direction de l'Hydraulique.

Les responsables des comités de gestion sont invités pendant 2 ou 3 mois par la Direction de l'Hydraulique pour recevoir une formation sur l'entretien des installations d'approvisionnement en eau.

[Forages avec pompes à motricité humaine]

Dans ce cas, les villageois ne sont pas dans l'obligation de payer l'eau. En cas de panne, les villageois peuvent s'adresser au bureau de représentation du fabricant des pompes à Nouakchott et les pièces de rechange sont peu onéreuses. Le transport de ces pièces jusqu'au forage constitue le problème essentiel.

[Puits à éolienne]

23 de ces puits existent dans la région du projet mais de nombreuses pannes sont à constater dans la partie transmission de l'éolienne. Le constructeur est entièrement responsable de la gestion et de l'entretien.

Tableau 3-7 Types de puits dans les villages

Type de puits			Eau	Explications
Divi- sion	Sous- division	Procédé de captage		
Puits creusés manuelle- ment	Puits tradi- tionnel	Puisage manuel	Eau libre	Disséminés dans la région du fleuve Sénégal avec eau souterraines peu profondes situées entre 2 et 6 m. Effondrements répétés des parois du puits nécessitant de recréuser fréquemment. Souvent contaminés s'ils sont situés à proximité des villages.
	En béton	Traction par bétail		Nombreux puits à une profondeur de 30 mètres environ. Puisage de l'eau par des seaux en caoutchouc suspendus à une corde. La traction est généralement effectuée par trois ânes, quelquefois des chameaux. Puisage d'environ 20 l en une fois. Excréments du bétail sur la corde qui provoquent la contamination des eaux.
		Nappe phréati- que		Nombreux à une profondeur d'une dizaine de mètres. Puisage de quelques litres à la fois au moyen d'un seau en caoutchouc suspendu à une corde. Peu d'excréments du bétail mais contamination de l'eau à remarquer.
		Eolienne		Eolienne installée sur le puits. Possibilité de puisage à une profondeur de 15 à 30 mètres environ. Débit: 6 à 8 m ³ /jour. Conservation de l'eau dans un réservoir en béton. Degrés de contamination très variés en fonction des puits.
Forage mécani- que	Générateur diesel		Eau libre Eau artési- enne	Avec abri pour générateur, réservoir surélevé et borne-fontaine. Contamination à remarquer pour certains puits.
	Energie solaire			Réalisation achevée en un seul endroit de la région. Expérimentation en cours.
	Pompe manuelle			Principalement pompes manuelles, souvent en panne.
Contre- puits	Puits + Forage			Adduction de l'eau artésienne du forage vers le puits desséché.



Puits en béton avec
abreuvoir, puisage par
bétail, El Mahrade-II,
préfecture de MEDERDRA
Niveau d'eau: 27 m



Puits en béton
puisage manuel,
Garalol, préfecture de
M'BAGNE
Niveau d'eau: 22 m



Puits traditionnel
Legolem, préfecture de
MEDERDRA
Niveau d'eau: 6,2 m

3-3-5 Perméabilité des couches

La couche du tertiaire qui fera l'objet de l'exploitation des eaux souterraines est supposée être une alternation de couches à grains grossiers et à grains fins. Pour ce qui est de la perméabilité, des échantillons de la couche de surface ont été prélevés pour être soumis à un essai de granulométrie. Les courbes de granulométrie de ces échantillons sont indiquées dans la figure 3-14.

Aucune différence notable n'est à constater entre les différents échantillons, dont 80% ou plus sont constitués de sable fin d'une granulométrie comprise entre 0,1 et 0,3 mm. Cette terre sableuse peut donc être jugée extrêmement homogène.

Toutefois, on a pu constater des conglomérats de 2 à 4 mm dans les dunes ainsi que dans les échantillons prélevés sur les forages en construction. Ces conglomérats sont situés entre les couches de sable fin.

En ce qui concerne la couche sableuse provenant de la dispersion des roches attendries par l'érosion du vent, le coefficient de perméabilité (K) supposé à partir de la répartition granulométrique, peut être calculé de la manière suivante.

10% de la courbe granulométrique 0,05 à 0,12 m

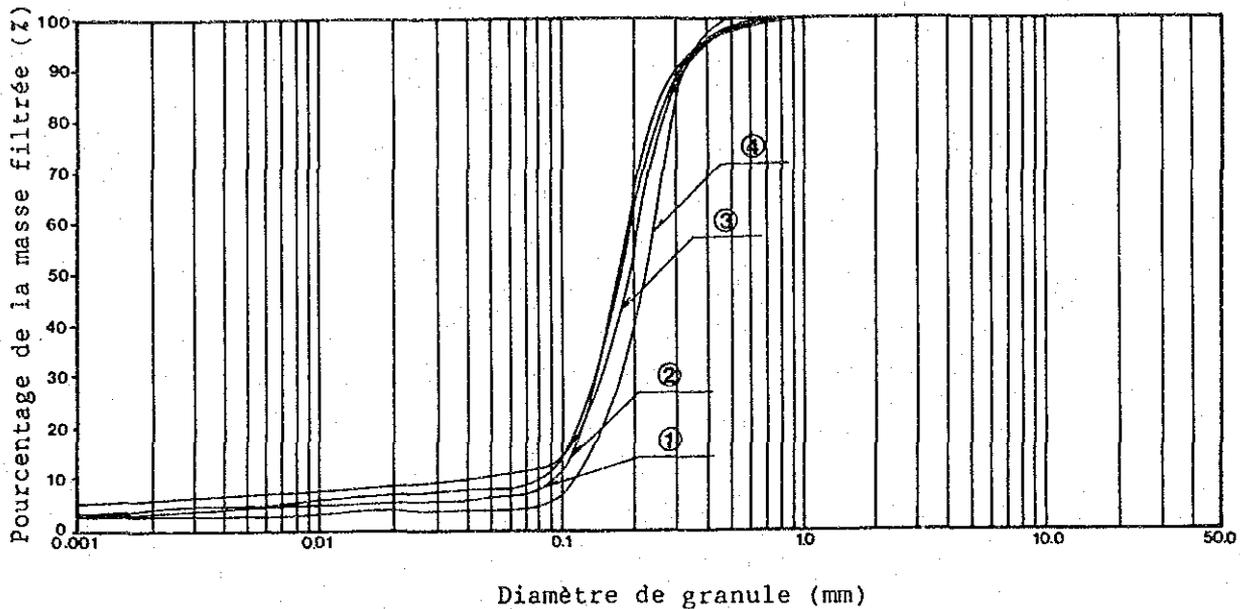
⇒ Méthode Hazen $K = 2,3 \times 10^{-3}$ à $1,3 \times 10^{-2}$ cm/sec.

20% de la courbe granulométrique 0,12 à 0,15 m

⇒ Méthode Greager $K = 2,6 \times 10^{-3}$ à $4,4 \times 10^{-2}$ cm/sec.

Par conséquent, le coefficient moyen de perméabilité a été estimé à $K = 2 \times 10^{-3}$ cm/sec. A l'intérieur de la terre, les couches étant encore semi-solidifiées, le coefficient de perméabilité est probablement plus bas, mais en surface, dans les endroits érodés ou dans les dunes, un coefficient relativement élevé peut être relevé. On peut donc penser que la plupart des précipitations s'infilte dans la terre à l'exception de la partie évaporée. Toutefois, dans les plaines des rives du fleuve Sénégal, comme par exemple les régions de Rosso et de Boghe, on a remarqué que des flaques d'eau formées dans les dénivellations pendant les pluies mettaient plusieurs mois avant de disparaître. On suppose que ceci est dû au fait que les grains fins sont transportés avec les pluies dans les dénivellations et forment une couche argileuse imperméable.

Figure 3-14 Courbes granulométriques de formation de la couche de grès tertiaire



- (1) Grès à grains fins érodés à l'extrémité des oueds
- (2) Dunes de sable rouge sur les crêtes
- (3) Terre de la couche de surface des plaines
- (4) Dunes de sable brun au pied des crêtes

3-3-6 Résultats de l'analyse de la qualité de l'eau

Les eaux souterraines des puits traditionnels de la région, des puits en béton et des forages, l'eau courante des villes régionales ainsi que l'eau minérale du pays (en provenance de l'est de Nouakchott) ont fait l'objet d'une analyse. Les résultats des analyses sont présentés dans le tableau 3-8 (1) et (2). Les données sur la qualité de l'eau trouvées dans les documents collectés en site ont été reportés dans le tableau 3-9.

D'après ces données, on peut constater les caractéristiques suivantes pour l'eau de la région.

- 1) La turbidité est importante pour les puits traditionnels mais moindre pour les puits en béton.

- 2) L'eau est incolore et transparente dans la plupart des cas. Elle peut être parfois jaune pâle en raison des particules en suspension.
- 3) Une odeur de décomposition est parfois constatée dans les points d'eau où la conductivité électrique est maximale.
- 4) L'eau est généralement alcaline, avec un pH souvent compris entre 8 et 9, et certaines valeurs de plus de 10 en cas de forte alcalinité qui est due à la présence de composés calciques. Dans les endroits où le pH correspond à 10, il est probable que la couche de limons et de marnes indurées soit à la même hauteur que la crépine du forage. On ne peut pas constater de relation avec la conductivité électrique.
- 5) La conductivité électrique est le plus souvent comprise entre 300 et 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et montre un minimum de 100 et un maximum de 7.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Etant donné que les eaux souterraines normales ne présentent que 10 à plusieurs dizaines de $\mu\text{S}/\text{cm}$, on peut considérer que celles de la région du projet ont une conductivité particulièrement élevée. Les zones aux eaux salines, en particulier, atteignent plusieurs milliers de $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Pour référence, l'eau de mer a une conductivité comprise entre 10.000 et 20.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$)
- 6) La teneur en chlorure est en relation avec la conductivité électrique et présente de fortes valeurs (500 à 2.100 ppm) dans la zone des eaux salines.
- 7) Le fer, le zinc, le cuivre et le manganèse sont généralement dans des proportions en deçà de la limite de détection, à l'exception des eaux contaminées par la corrosion des parties métalliques du réservoir dans certains cas.
- 8) La présence d'ammoniac est généralement due aux excréments et est constatée dans de nombreux examens, sauf dans le cas des puits avec éolienne et des forages avec électropompes.

9) Des bactéries et des colibacilles ont été détectées généralement en grande quantité, à l'exception des eaux de certains puits avec électropompes, de l'eau courante et de l'eau minérale qui ont présenté des valeurs inférieures aux normes de l'OMS. Comme pour l'ammoniac, ces bactéries et colibacilles sont dus aux excréments.

En résumé, les eaux provenant des puits les plus généralement utilisés sont relativement bonnes. Il faut toutefois constater un certain nombre de problèmes indiqués ci-après.

- i) Le pH est généralement élevé, et certaines eaux sont très alcalines.
- ii) La concentration en sel est importante, et certaines eaux sont entièrement devenues salines.
- iii) La contamination par les excréments est importante.

Tableau 3-8 (1) Résultats de l'analyse de la qualité de l'eau

Village *1	Couleur	Turbidité	Odeur	Température °C	pH	Conductivité électrique $\mu S/cm$	Chlorure ppm	Total fer ppm	Zinc ppm	Cuivre ppm	Manganèse ppm	Ammoniaque ppm	Bactéries ordinaire *2	Colibacilles *2	Type de puits Profondeur d'eau NS-m *3
1M EL GHARS	—	—	—	29,7	8,33	505	190	<0,1	5,0	<0,1	<0,1	<0,1	>100	10	Moulin à vent 14 m
2M BAJLEILAYE	—	—	—	33,6	8,30	463	115	0,2	<0,5	<0,1	<0,1	0,5	>100	nombreux	C. 33 m
4M TEWFIGHE	—	faible	—	28,4	8,93	584	190	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	>100	nombreux	Moulin à vent 18 m
6M EL MAHRAD- II	—	—	—	33,7	8,10	589	130	0,2	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	>100	nombreux	C. 27 m
8M HSEY EHEL BOU MHAMED	—	—	—	29,3	8,60	314	105	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	>100	nombreux	Moulin à vent 12 m
9M BAGOUEINIT	—	—	—	30,9	7,94	373	95	0,3	<0,5	<0,1	<0,1	0,3	>100	nombreux	C. 17 m
(M) KRAA EL AHMAR	brun jaunâtre pâle	perceptible	—	34,4	8,56	1.037	280	0,2	1,0	<0,1	2,0	1,0	30	5	Moulin à vent
(M) MEDERDRA	—	—	—	33,1	8,46	551	195	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	0,1	7	2	P.S 26 m
(M) LEGOLEM	brun jaunâtre pâle	perceptible	—	29,6	8,51	742	90	0,3	<0,5	<0,1	0,5	0,8	>100	nombreux	T. 6,2 m
(M) CHARAT	—	—	—	33,8	8,27	460	190	0,2	<0,5	<0,1	<0,1	0,6	>100	nombreux	C.
1R AJOUER TENHONOD	—	—	—	33,8	8,96	1.398	550	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	>100	nombreux	P.S 47 m Réservoir corrodé
5R MELGUE LEMRAYERE	—	—	—	32,8	8,18	446	100	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	>100	nombreux	C. 60 m
7R TEDHERERT	—	—	—	29,4	8,34	478	140	0,1	0,5	<0,1	<0,1	0,3	>100	nombreux	C. 38 m
20R TEICHTAYAT	—	faible	—	32,6	7,92	681	110	0,1	<0,5	<0,1	<0,1	0,2	>100	nombreux	C. 11 m
27R BOUKCHEIBIYA	—	faible	—	31,1	8,63	1.770	200	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	0,2	>100	nombreux	C. 11 m
(R) JABER	—	—	—	29,1	8,45	414	160	0,1	0,6	<0,1	<0,1	<0,1	>100	nombreux	P.S 33 m
1B BIR EL BARKA	jaune pâle	faible	—	29,4	8,43	1.217	380	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	0,2	>100	nombreux	C. 60 m
2B I JANANOUN	—	—	—	32,5	9,16	560	90	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	0,6	>100	nombreux	C. 62 m
3B EL AKRICH	—	—	—	33,2	8,70	610	60	0,1	<0,5	<0,1	<0,1	0,2	>100	nombreux	C. 58 m
6B N' TAOUFEKT	—	—	—	33,7	9,03	2.380	580	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	0,4	40	nombreux	C. 58 m
9B KEZBARI	jaune pâle	faible	—	32,8	9,31	484	60	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	1,0	>100	nombreux	C. 35 m
13B EL BIR	jaune pâle	faible	—	36,1	8,15	801	155	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	1,0	>100	nombreux	C. 50 m
15B BOULENOIR IDABLEHSEN	—	—	—	29,9	8,70	1.012	330	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	0,2	20	nombreux	C. 57 m
20B NAEMB	—	—	—	34,8	8,62	872	240	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	0,4	>100	nombreux	C. 62 m
23B ABRAK LEBYAR	—	—	—	34,1	9,12	5.940	1.760	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	0,5	>100	nombreux	C. 48 m
24B BOU SEDRA	—	—	—	30,5	8,89	2.260	1.100	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	>100	nombreux	C. 70 m

Tableau 3-8 (2) Résultats de l'analyse de la qualité de l'eau

Village *1	Couleur	Turbidité	Odour	Température °C	pH	Conductivité électrique µS/cm	Chlorure ppm	Total fer ppm	Zinc ppm	Cuivre ppm	Manganèse ppm	Ammoniaque ppm	Bactéries ordinaire *2	Colibacilles *2	Type de puits Profondeur d'eau NS-m *3
32B EL KHELDEIRA	—	—	—	31,4	8,46	773	290	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	0,5	>100	nombreux	C. 61 m
1BG M' GUEIRINAT	—	—	—	33,6	8,67	2.011	550						>100	nombreux	C. 34 m
2BG DARA EL BARKA	—	—	—	33,4	9,05	414	100	<0,1	<0,5	<0,1	0,5	1,0	>100	nombreux	C. 9 m
5BG BACARA	jaune pâle	faible	—	33,6	8,56	173	20	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	0,4	>100	nombreux	C. 12 m
16BG MECHAMET WEMAT	—	—	décomposition	33,4	8,38	7.050	2.130	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	0,8	>100	nombreux	C. 27 m Salination
20BG MOI MOI	gris clair	faible	—	35,0	9,08	128	30	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	0,5	>100	nombreux	C. 16 m
23BG OLO OLOGA	jaune pâle	faible	—	30,6	8,71	3.710	920	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	10,0	>100	nombreux	C. 9 m Salination
BG BOGHE Eau de ville	—	—	—	—	8,40	271	15	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	14	0	
1BA HAIRE M' BAR	gris clair	traces	—	32,1	7,92	417	45						70	nombreux	C. 15 m
5BA SABOU ALLAH	jaune pâle	faible	—	33,3	8,35	818	45						>100	nombreux	C. 25 m
6BA ABARI	—	—	—	32,8	8,48	525	40	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	0,2	40	nombreux	C. 21 m
9BA MEDINE	—	—	—	30,6	8,12	650	35						>100	nombreux	C. 31 m
1MB E' DEBAYE EL HEJBY	—	—	—	31,7	7,72	112	10						>100	nombreux	C. 25 m
2MB GARALOL	jaune pâle	faible	—	31,3	8,79	503	10	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	>100	nombreux	C. 22 m
4MB NIABINA	—	—	—	31,3	7,64	251	20	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	80	nombreux	C. 10 m
1AL AGONEIDA	—	—	—	33,5	8,51	666	70						>100	nombreux	C. 65 m
8AL AINI RHIDA	—	—	—	33,7	10,60	282	30	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	>100	nombreux	C. 69 m
20AL GBSSARI	brun jaunâtre	forte	perceptible	32,5	9,13	120									Fleuve
26AL MOUFLAH EL KHEIR	jaune pâle	faible	—	32,9	8,70	395	35	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	>100	nombreux	C. 68 m
5ML N' DAREYE	jaune pâle	faible	—	32,9	9,44	905	50	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	>100	nombreux	T. 2,5 m
Eau minérale	—	—	—	—	8,98	329	50	<0,1	<0,5	<0,1	<0,1	<0,1	23	0	Produite en Mauritanie
Normes OMS					7,0~8,5	—	< 200	<0,1	—	—	<0,05	<0,6	—	MPN moins 10 pdt tte année	
Normes recommandées en Europe					6,5~8,5	—	< 25	<0,05	—	—	<0,02	<0,05	—	—	

*1: Chiffres et lettres; Les chiffres correspondent aux numéros des villages indiqués dans la liste, les lettres sont les abréviations des noms des préfectures. (Voir ci-contre)

M : MEDERDRA
R : R' KIZ
B : BOUTILIMIT
BG: BOGHE

BA: BABABE
MB: M' BAGUE
AL: ALEG
ML: MOKTA LAHJAR

*2: Nombre de bactéries pour 1 ml

*3: C : Puits en béton
T : Puits traditionnel
PS: Forages avec électro-pompes

Tableau 3-9 Analyse de l'eau par un organisme national de Mauritanie

No.	pH	Calcium ppm	Magnésium ppm	Sodium ppm	Potasium ppm	Ion chlore ppm	Ion a.sulfurique ppm	Ion bicarbonate ppm	Ion a.carbonate ppm
916 SEL 3	7,6	66	16	104	18	124	19	132	0
617 SEL 3	7,7	58	14	369	78	415	130	210	0
918 SEL 4	8,3	68	12	340	73	418	158	296	4
919 G-2	8,2	41	7	57	11	119	26	107	0
920 SEL 3	8,2	69	12	100	16	120	46	256	3
921 G-1	8,1	26	5	106	15	85	62	152	1
922 G-6	7,8	63	17	153	21	206	209	85	0
923 G-7	7,8	83	25	204	44	284	278	146	0
924 IDINI F-22	8,2	32	4	35	8	42	43	94	0
925 IDINI F-23	8,1	36	2	28	7	46	38	110	0
926 IDINI F-20	8,2	44	10	41	9	71	91	85	0
927 IDINI F-21	8,3	46	10	40	10	74	115	85	0
929 IDINI F-24	8,0	29	2	37	9	41	46	98	0
930 IDINI F-25	8,0	31	6	50	10	79	58	116	0
1029 BIR EL BARKA	7,7	13	3	21	2	14	23	15	0

3-3-7 Prospection électrique

Une prospection électrique a été effectuée afin de vérifier la structure hydrogéologique de la région du projet. La sélection des villages qui ont fait l'objet de la prospection a été déterminée après entretiens avec les responsables des bureaux de Trarza et de Brakna de la Direction de l'Hydraulique et en tenant compte de l'avancement de l'étude et de la facilité d'accès aux sites. Le nombre de prospections a été fixé à un point par village afin de recueillir des données sur une vaste superficie et car il n'y a pas de différence entre les eaux souterraines dans un même village (à l'exception de la région du Précambrien au nord-est). Un total de 40 prospections électriques a été effectué dans 40 villages.

1) Méthode de mesure et appareil utilisé

Une prospection verticale par méthode Wenner a été choisie en raison de la résistance de terre élevée dans les parties de surface. En estimant, à partir des documents relatifs au niveau des eaux souterraines, qu'une profondeur comprise entre 100 et 130 mètres serait nécessaire pour la prospection, une méthode d'entassement a été employée afin d'améliorer le rapport signal-bruit.

L'analyse des résultats de la prospection a été effectuée par comparaison entre la courbe standard de Wenner et la courbe auxiliaire.

Tableau 3-10 Spécifications des instruments de mesure

Type	Spécifications
McOHM Fabrication japonaise	Tension de sortie : 400 Vc-c (tension nominale)
	Courant de sortie : 1, 2, 5, 20, 50, 100, 200mA (courant nominal)
	Tension de service : 12 VDC
	Impédance d'entrée : 1M Ω
	Potentiel de mesure : $\pm 0,6$ V, ± 6 V
	Résolution : 20 μ V
	Nombre de piles : 1, 4, 16, 64
	Mémoire : Enregistrement fichiers Max. 128 Point de mesure Max. 2000
Interface : RS-232C	

Figure 3-15 Carte des emplacements de la prospection électrique
E = 1/1.500.000

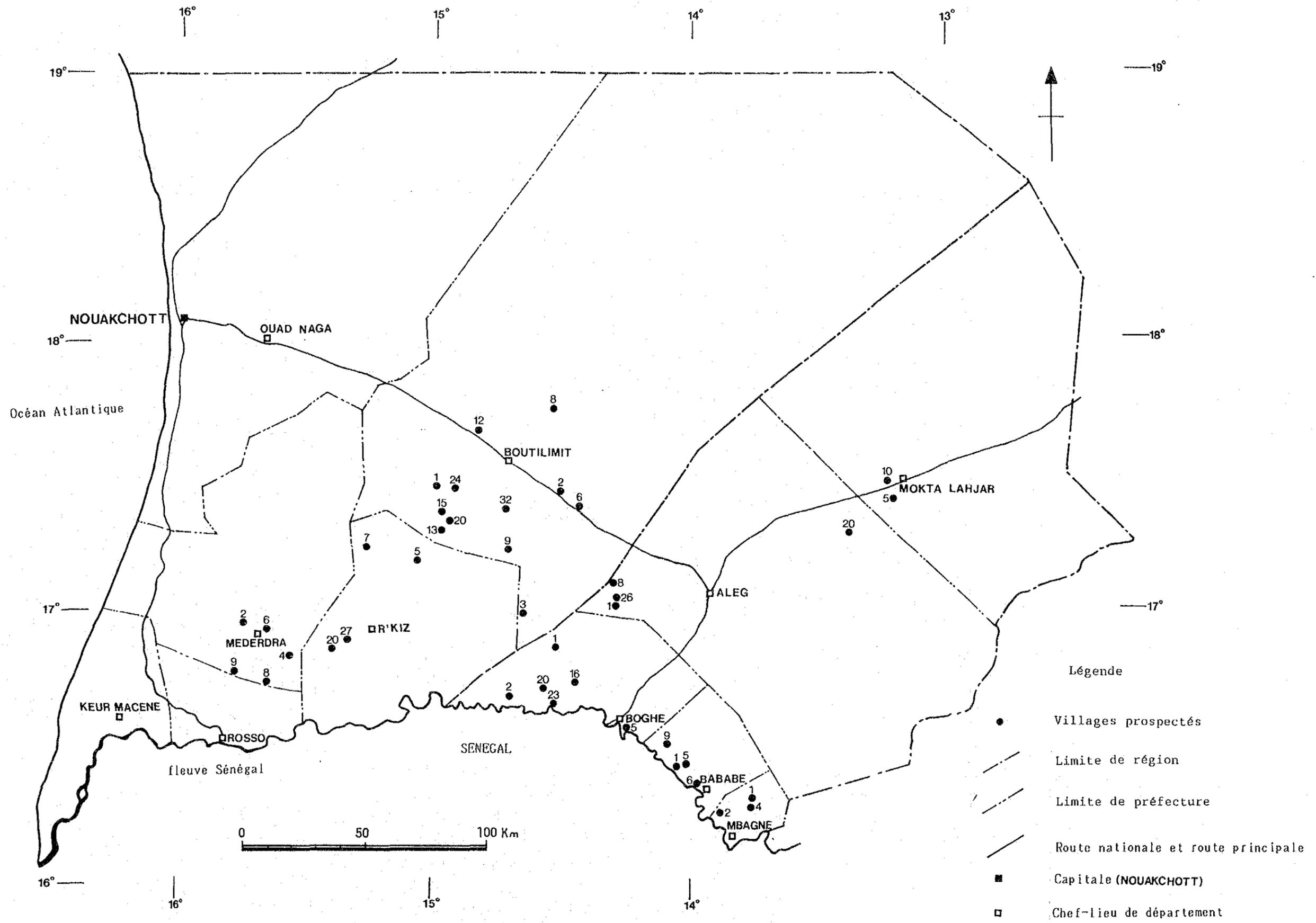


Tableau 3-11 Points mesurés par prospection électrique

Région	Préfectures	Nbre de points
TRARZA	Mederdra	5
	R'kiz	4
	Boutilimit	12
BRAKNA	Boghe	6
	Bababe	4
	M'bagne	3
	Aleg	4
	Magta-Lahjar	2
2 régions	8 préfectures	40 points

2) Résultats des mesures

Les résultats des mesures sont présentés à la fin du rapport sous forme de courbes $\rho - a$ et de diagrammes en colonnes de résistivité. A l'exception de la couche de surface, les couches peuvent être divisées en 3 ou 4 catégories en fonction de leur résistivité. La résistivité est comprise entre 4 et 1.100 $\Omega - m$. Mais la plupart des couches présentent une résistivité de 20 à 200 $\Omega - m$. La répartition de la résistivité se divise en deux catégories: l'une montrant une baisse de la valeur au fur et à mesure que la profondeur augmente et une l'autre augmentant dans les mêmes conditions. Si l'on considère la première catégorie comme type A et la seconde comme type B, le type A se trouve à Mederdra, R'Kiz, une partie de Boutilimit dans la région de Trarza et à Boghe le long des rives du Sénégal dans la région de Brakna. Le type B se trouve au nord de Boutilimit et dans la plupart de la région de Brakna. Dans les régions de résistivité de type A, lorsque la valeur est trop basse, on peut supposer que le coefficient de perméabilité est faible ou que la qualité de l'eau est médiocre en raison de l'importance de l'électrolyte dans les eaux souterraines. Pour le type B, lorsque la valeur de résistivité est élevée dès le départ, cela indique la présence de couches sableuses très

solidifiées ou de socle rocheux sans fissure et la présence des eaux souterraines est improbable.

[Evaluation des aquifères]

La résistivité de la couche et celle des eaux souterraines obtenues par prospection électrique sont généralement calculées selon l'équation suivante.

$$\rho_a = F \times \rho_w$$

ρ_a : Résistivité de la couche ($\Omega - m$)

ρ_w : Résistivité des eaux souterraines ($\Omega - m$)

F : Coefficient des couches

Le coefficient des couches F reflète la porosité des couches géologiques et les valeurs de 1 à 8 représentent la présence d'aquifères abondants. Si F est petit, cela correspond à des couches à grains fins comme les schistes argileux, les limons et l'argile, avec faible perméabilité. En revanche, si F est trop important, cela correspond aux couches sableuses hautement solidifiées ou au socle rocheux présentant peu de fissures, avec peu de possibilités de présence d'aquifères. Dans le cas de cette étude, étant donné que des eaux ont pu être captées dans la plupart des villages par les puits traditionnels ou les puits en béton, en calculant F, les aquifères ont pu être évalués. Toutefois, dans le cas où la résistivité des eaux souterraines est extrêmement faible, à moins de 10 $\Omega - m$, l'équation ci-dessus n'est pas applicable.

[Résultats des mesures effectuées dans les villages]

En ce qui concerne la résistivité des différentes couches géologiques, la couche de surface correspondra à la couche 1, suivie par les couches 2, 3, etc. au fur et à mesure de la profondeur.

i) Préfecture de Mederdra de la région de Trarza

. Bajleilaya

Quatre couches peuvent être divisées en fonction de la résistivité, et les endroits à proximité de la couche de surface présentent une faible résistivité. Dans les endroits à plus de 2 mètres de profondeur, cette valeur est plus importante avec 210 à 450 $\Omega - m$. Ces endroits sont des couches sableuses sèches. Dans les endroits à plus de 32

mètres de profondeur, cette résistivité diminue jusqu'à $90 \Omega - m$ et correspond à l'aquifère. Ceci indique une résistivité de type A, avec $F = 4,1$, montrant ainsi la présence d'une aquifère abondante.

. Tewfighe

Une couche sableuse sèche jusqu'à une profondeur de 7 mètres environ présente une résistivité élevée comprise entre 420 et $1.260 \Omega - m$. Aux endroits à une profondeur de plus de 7 mètres, la résistivité diminue brusquement et le pourcentage de teneur en eau augmente. Les aquifères à une profondeur de plus de 20 mètres correspondent à une couche de résistivité de $48 \Omega - m$. $F = 2,8$ montrant ainsi la présence d'une aquifère abondante. La répartition est de type A.

. El Mahrde 2

Divisée en cinq couches, les couches 1 à 3 correspondent à une couche sableuse d'une résistivité comprise entre 115 et $460 \Omega - m$, avec une faible teneur en eau. A partir de la quatrième couche à une profondeur supérieure à 16 mètres, la résistivité diminue brusquement et la teneur en eau augmente. A plus de 27 mètres de profondeur, se trouve une couche d'une résistivité de $4 \Omega - m$. $F = 0,2$, avec des argiles abondantes, et une faible perméabilité, cette couche semble présenter peu d'intérêt en matière d'aquifère. Type A.

. Hsey Ehel Bou Muhamed

La résistivité est faible dans son ensemble, avec moins de $100 \Omega - m$. L'aquifère correspond à une couche de $90 \Omega - m$ à plus de 18 mètres de profondeur. Répartition de type B. $F = 2,8$ montrant ainsi la présence d'une aquifère abondante.

. Bagoueinit

Une résistivité importante de 700 à $1.400 \Omega - m$ est relevée jusqu'à la profondeur de 9 mètres. Il s'agit d'une couche sableuse sèche. A une profondeur de 9 à 60 mètres, la résistivité s'abaisse progressivement. A plus de 60 mètres, la résistivité remonte. Type B. Les aquifères correspondent à la quatrième couche, à une profondeur de plus de 20 mètres avec une résistivité de $64 \Omega - m$ et à la cinquième couche de $180 \Omega - m$. F est respectivement égal à $2,4$ et $6,7$, bonnes valeurs pour l'abondance des eaux.

ii) Préfecture de R'Kiz, région de TRARZA

. Melgue Lemrayere

Jusqu'à une profondeur de 15 mètres, la résistivité est importante puisqu'elle est comprise entre 1.000 et 1.900 Ω - m. Elle est composée d'une couche sableuse et d'une autre couche de sable avec graviers. La résistivité est plus faible après 15 mètres de profondeur et il s'agit d'une couche de type A. L'aquifère est situé à une profondeur de plus de 63 mètres, correspondant à une résistivité de 153 Ω - m. $F = 7$, bonne valeur pour l'abondance en eau.

. Tedherert

La valeur de résistivité est faible, comprise entre 27 et 120 Ω - m de la surface jusqu'en profondeur. Il s'agit d'une répartition de type B. A plus de 50 mètres de profondeur, la résistivité est de 120 Ω - m, correspondant à l'aquifère. $F = 5$, bonne valeur pour l'abondance en eau.

. Teichtayat

La valeur de résistivité est de moins de 50 Ω - m de la surface jusqu'en profondeur. Il s'agit d'une répartition de type A. A plus de 12 mètres de profondeur, la résistivité commence à diminuer et après baisse brusquement à partir de 22 m. L'aquifère est peu profond et correspondant à la quatrième et cinquième couches à plus de 12 mètres de profondeur. $F = 1,7$ pour la quatrième couche et 0,2 pour la cinquième qui contient trop d'argile pour être prometteuse.

. Boukcheibiya

La valeur de résistivité est faible, avec moins de 56 Ω - m de la surface jusqu'en profondeur. La résistivité des eaux souterraines est également faible avec 6 Ω - m. Il s'agit d'une répartition de type A. A plus de 11 mètres de profondeur, la résistivité de la couche commence à diminuer, correspondant à l'aquifère. $F = 4,2$ entre 11 et 20 mètres de profondeur, et $F = 0,9$ à plus de 20 mètres, montrant une possibilité de présence d'eau saline.

iii) Préfecture de Boutilimit, région de TRARZA

. Bir El Barka

La répartition de résistivité correspond au type A. La résistivité diminue lentement en profondeur. L'aquifère est présent à plus de 60 mètres de profondeur où la résistivité diminue. Cette résistivité correspond à $48 \Omega - m$. $F = 6$, bonne valeur pour l'abondance en eau.

. Ijananounn

La valeur de résistivité augmente à partir de 20 mètres de profondeur. L'aquifère est plus profond que 60 mètres. La résistivité de l'aquifère est de $128 \Omega - m$, $F = 7$ et présente par conséquent une aquifère prometteuse.

. El Akrich

La résistivité est de 200 à 300 $\Omega - m$ dans la partie peu profonde. Elle commence à diminuer à partir de 60 mètres où elle correspond à une valeur comprise entre 90 et 180 $\Omega - m$. $F = 5,3$ à 11,0 et permet d'espérer la présence d'une aquifère. La résistivité ne diminue pas brusquement à de plus grandes profondeurs et correspond par conséquent à une aquifère prometteuse.

. N'taoufekt

La résistivité est faible avec moins de 50 $\Omega - m$ de la surface jusqu'en profondeur. Les variations de résistivité sont également faibles. La faible résistivité des eaux souterraines, égale à 4 $\Omega - m$, laisse à penser que la résistivité de la couche est également peu élevée. L'aquifère est présent dans la dernière couche à plus de 60 mètres de profondeur et présente une résistivité de 19 $\Omega - m$. $F = 4,8$. La forte teneur en électrolyte des eaux souterraines montre la possibilité de présence d'eau saline.

. El Verkayliya

La répartition de la résistivité est de type B. La résistivité diminue entre 20 et 65 mètres de profondeur et remonte à partir de 65 mètres. L'aquifère correspond à une profondeur de plus de 65 mètres et a une résistivité de 54 $\Omega - m$. La résistivité des eaux souterraines est inconnue mais, d'après les mesures obtenues dans d'autres

emplacements, on peut conclure à la présence d'une aquifère abondante.

. El Kezbari

L'aquifère est à une profondeur de plus de 38 mètres et il s'agit d'une couche de résistivité comprise entre 40 et 160 Ω - m. $F = 2,0, 7,6$, bonnes valeurs pour l'abondance en eau.

. Tivikine

Il s'agit d'une répartition de résistivité de type B. La plus faible valeur de résistivité est à une profondeur d'environ 30 mètres. Cette valeur remonte à partir de 30 mètres et la démarcation de la couche est à environ 60 mètres de profondeur. L'aquifère est située à plus de 60 mètres de profondeur et présente une résistivité de 90 Ω - m. D'après ces valeurs, on peut espérer la présence d'une aquifère prometteuse.

. El Bir

Il s'agit d'une répartition de résistivité similaire à celle de Tivikine et la valeur de résistivité est élevée à partir de 30 mètres environ de profondeur. L'aquifère est située à plus de 55 mètres de profondeur et présente une résistivité de 145 Ω - m. $F = 11,2$. La valeur de F est élevée mais on peut espérer la présence d'une aquifère.

. Boulenoir Idablehsen

Il s'agit d'une répartition de résistivité de type B. La résistivité augmente à partir d'une profondeur d'environ 27 mètres. Cette valeur diminue entre 60 et 80 mètres de profondeur et remonte à partir de 80 mètres. L'aquifère correspond à la couche de plus de 60 mètres de profondeur avec une résistivité de 48 et 120 Ω - m. $F = 4,9$ et 12,0. D'après ces valeurs, on peut espérer la présence d'une aquifère prometteuse.

. Naeme

Il s'agit d'une répartition de résistivité de type B mais l'augmentation de la résistivité en profondeur n'est pas précisément déterminée. L'aquifère est située à plus de 60 mètres de profondeur,

avec une résistivité élevée de $45 \Omega - m$. $F = 3,8$ et on peut espérer la présence d'une aquifère prometteuse.

. Bou Sedra

Il s'agit d'une couche avec faible résistivité de moins de $40 \Omega - m$ jusqu'à 70 mètres de profondeur, à l'exception de la couche de surface. L'aquifère est située à plus de 72 mètres de profondeur avec une résistivité de $80 \Omega - m$. La faible résistivité des eaux souterraines, avec de $4,4 \Omega - m$, et $F = 12$ laisse à penser que la qualité de l'eau est médiocre.

. El Kheldeira

Il s'agit d'une répartition de résistivité de type B. La résistivité augmente à partir de 12 mètres de profondeur. A partir de 63 mètres de profondeur, la résistivité augmente un peu brusquement et correspond à l'aquifère. La résistivité est de $111 \Omega - m$, $F = 8,5$ et on peut espérer la présence d'une aquifère prometteuse.

iv) Préfecture de Boghe dans la région de BRAKNA

. M'gueirinatt

La résistivité diminue lentement à partir de 35 mètres de profondeur. Elle se stabilise à partir de 60 mètres de profondeur et correspond à un type B. L'aquifère est située à plus de 35 mètres de profondeur, avec une résistivité de $41 \Omega - m$. $F = 8$ mais la résistivité des eaux souterraines étant faible, avec $5 \Omega - m$, la qualité de l'eau est probablement médiocre.

. Dar El Barka

Il s'agit d'une couche avec faible résistivité de moins de $10 \Omega - m$ entre 8 et 85 mètres de profondeur. La résistivité augmente à partir de 85 mètres de profondeur et atteint $60 \Omega - m$. $F = 0,35$ et laisse supposer une forte teneur en argile et une mauvaise perméabilité.

. Bacare

La résistivité est élevée jusqu'à 12 mètres de profondeur, comprise entre 380 et $760 \Omega - m$. La résistivité diminue brusquement à partir de là, et il s'agit d'une couche de résistivité faible de $23 \Omega - m$

jusqu'à 58 mètres de profondeur. A partir de 58 mètres, la résistivité se stabilise à $30 \Omega - m$. $F = 0,4$ à $0,5$ et laisse supposer une aquifère de perméabilité médiocre.

. Meghamet Wemet

Il s'agit d'une répartition de type A avec diminution de la résistivité à partir de 20 mètres de profondeur. Cette diminution s'accroît à partir de 30 mètres de profondeur et correspond à l'aquifère. La résistivité de l'aquifère est de $31 \Omega - m$. $F = 22$. La résistivité des eaux souterraines est de $1,4 \Omega - m$, valeur la plus faible parmi les valeurs mesurées lors de l'étude et laisse par conséquent supposer la présence d'eau saline.

. Moi Moi 2 Tendgha

La résistivité diminue à partir de 27 mètres de profondeur et correspond à l'aquifère. A plus de 35 mètres de profondeur, la résistivité s'abaisse progressivement de 50 à $10 \Omega - m$ et les conditions de l'aquifère se détériorent au fur et à mesure que l'on avance en profondeur. L'aquifère prometteuse correspond à une couche de $50 \Omega - m$ mais l'épaisseur de cette couche reste inconnue.

. Olo Ologa

La résistivité augmente à partir de 5 mètres de profondeur environ et des couches à forte résistivité comprise entre 400 et $900 \Omega - m$ se répartissent jusqu'à 75 mètres de profondeur environ, à la différence des emplacements mesurés jusqu'ici. La résistivité diminue jusqu'à $120 \Omega - m$ à partir de 75 mètres de profondeur. $F = 14$ à 32 , valeur élevée, et laisse supposer la présence d'une couche sableuse et de sable graveleux très solidifiée. L'aquifère n'est donc pas prometteuse. Toutefois, à plus de 75 mètres de profondeur, $F = 4,3$ et les conditions s'améliorent.

v) Préfecture de Bababe, région de BRAKNA

. Haire M'bar

Une couche de moins de $40 \Omega - m$ de résistivité est présente jusqu'à 18 mètres de profondeur. A partir de cette profondeur, la résistivité augmente et correspond à l'aquifère. $F = 1,0$ et $1,6$ et on peut espérer

la présence d'une aquifère prometteuse.

. Sabou Allah

Très représentatif du type B. La résistivité augmente à partir de 30 mètres de profondeur et correspond à l'aquifère. La résistivité est de 21 et 63 Ω - m, $F = 1,8$ et 5,3, et on peut espérer la présence d'une aquifère prometteuse.

. Abari

La résistivité augmente à partir de 22 mètres de profondeur et correspond à l'aquifère. La résistivité est de 33 et 51 Ω - m., $F = 1,7$ et 2,7 et on peut espérer la présence d'une aquifère prometteuse.

. Medine

La résistivité diminue à partir de 6 mètres de profondeur et on constate la présence d'une couche à résistivité élevée entre 25 et 34 mètres de profondeur. La résistivité rebaisse à partir de 34 mètres de profondeur et correspond à l'aquifère à partir de là. A plus de 100 mètres de profondeur, la résistivité baisse encore. La résistivité de la couche aquifère est de 38 et 19 Ω - m., $F = 2,5$ et 1,3 respectivement et on peut espérer la présence d'une aquifère prometteuse.

vi) Préfecture de M'bagne, région de BRAKNA

. Edebaye El Hejaj

Une couche argileuse à faible résistivité de moins de 40 Ω - m est présente jusqu'à 24 mètres de profondeur. A partir de 24 mètres de profondeur, la résistivité augmente jusqu'à 154 Ω - m, $F = 1,7$ et on peut espérer la présence d'une aquifère prometteuse.

. Garalol

La résistivité augmente à partir de 13 mètres de profondeur et il s'agit d'une répartition de type B. L'aquifère est située à plus de 25 mètres de profondeur où l'augmentation de résistivité est très nette. Cette résistivité est de 25 et 47 Ω - m, $F = 1,4$ et 2,3 et on peut espérer la présence d'une aquifère prometteuse.

. Niabina

Il s'agit d'une couche argileuse de moins de 26 Ω - m de la surface à 10 mètres de profondeur. A partir de 10 mètres de profondeur, la résistivité augmente. Elle augmente encore plus brusquement à partir de 22 mètres de profondeur et correspond à l'aquifère. Cette résistivité est de 64 et 189 Ω - m, $F = 1,6$ et 4,7 respectivement et on peut espérer la présence d'une aquifère prometteuse.

vii) Préfecture d'Aleg, région de BRAKNA

. Agoueida

Il s'agit d'une couche de résistivité élevée, avec 360 Ω - m, vers la surface. A plus d'un mètre de profondeur, la résistivité commence à diminuer et correspond à une couche de faible résistivité jusqu'à 16 mètres de profondeur. L'aquifère est située à plus de 62 mètres de profondeur dans la couche de résistivité de 92 Ω - m. $F = 6,1$ et on peut espérer la présence d'une aquifère prometteuse.

. Aini Rhida

Les variations de résistivité sont faibles, entre 60 et 120 Ω - m, jusqu'à 26 mètres de profondeur. A partir de là, la résistivité augmente et cette augmentation est très nette à partir de 70 mètres de profondeur. L'aquifère est donc située après 70 mètres, avec une résistivité de 238 Ω - m, $F = 6,6$ et on peut espérer la présence d'une aquifère prometteuse.

. Guessali

Il s'agit d'une couche argileuse de moins de 30 Ω - m de résistivité jusqu'à 23 mètres de profondeur. A partir de 26 m, la résistivité augmente brusquement et correspond au socle rocheux. Les roches érodées étant peu épaisses, la présence d'une aquifère est très faible.

. Mouftah El Kheir

La résistivité augmente à partir de 19 mètres de profondeur mais cette augmentation est légère jusqu'à 70 mètres de profondeur environ. A partir de là, l'augmentation s'accroît et la résistivité est de 130 Ω - m, $F = 5,2$ et fait espérer la présence d'une aquifère prometteuse.

viii) Préfecture de Magta Lahjar, région de BRAKNA

. N'daleya

Il s'agit d'une répartition de type B, avec une résistivité augmentant à partir de 9 mètres de profondeur. Cette augmentation s'accroît brusquement à partir de 30 mètres de profondeur. Ces variations indiquent probablement le socle rocheux et l'aquifère est donc située dans la couche à une profondeur comprise entre 30 et 50 mètres environ avec une résistivité de $80 \Omega - m$. $F = 7,3$ et on suppose que la couche est peu épaisse et que le débit est faible.

. Guimi

Il s'agit d'une couche à faible résistivité de $10 \Omega - m$, entre 7 et 24 mètres de profondeur. La résistivité augmente à partir de 24 mètres jusqu'à 60 à $144 \Omega - m$. Il s'agit d'une zone rocheuse mais étant donné que la résistivité en profondeur n'est pas élevée, on peut supposer la présence de fissures et donc espérer une aquifère prometteuse.

3) Evaluation des aquifères

Les aquifères ont été évalués en fonction des résultats de la prospection électrique, comme indiqué dans les tableaux 3-13 à 3-16. L'évaluation globale portera sur la résistivité de l'aquifère, la résistivité des eaux souterraines, le coefficient des couches, l'épaisseur de l'aquifère et la profondeur de répartition. La majeure partie de la région du projet étant géologiquement composée d'une couche sableuse, d'une couche argileuse, d'une couche argilo-sableuse et de sable graveleux, à l'exception de la couche du Précambrien composée de micaschistes et de quartzites au nord-est, une classification géologique en fonction de la résistivité n'a pas été effectuée.

L'évaluation pour l'exploitation des eaux souterraines a été effectuée selon les trois catégories suivantes:

- o : Aquifère prometteuse
- Δ : Débit peu important ou possibilité d'eau saline en raison de la forte teneur en électrolyte
- x : Pas d'aquifère ou épaisseur insuffisante

Tableau 3-12 Evaluation de l'exploitation des eaux souterraines (1)

Région	Villages	Résistivité Ω-m	Prof- limite sup des nappes (m)	Coeffi- cient géolo- gique F	Type de résis- tivité Remar- que 1)	Evalua- tion
Mederdra	Bajleilaya	90	32	4,1	A	o
	Tewfighe	48	20	2,8	A	o
		24	50	1,4		
	El Mahrde 2	4	27	0,2	A	Δ
	Hsey Ehel Bou Muhamed	90	20	2,8	A	o
	Bagoueinit	64	20	2,4	B	o
180		58	6,7			
R'kiz	Melgue Lemrayere	153	63	7,0	A	o
	Tedherert	120	62	5,0	B	o
	Teichtayat	3	23	0,2	A	Δ
	Boukcheibiya	6	19	1,0	A	Δ
Bouti- limit	Bir El Barka	48	62	6,0	B	o
	Ijananoun	128	60	7,0	B	o
	El Akrich	180	60	11,0	A	o
		90	95	5,3		

Remarque 1) A: Partie peu profonde, haute résistivité; partie profonde, basse résistivité
 B: Partie peu profonde, basse résistivité; partie profonde, haute résistivité

Tableau 3-12 Evaluation de l'exploitation des eaux souterraines (2)

Région	Villages	Résis- tivité Ω -m	Prof- limite sup des nappes (m)	Coeffi- cient géolo- gique F	Type de résis- tivité Remar- que 1)	Evalua- tion
Bouti- limit	N'taoufekt	19	60	4,8	A	o
	El Varkayliya	54	65	-	B	o
	Kezbari	160	38	7,6	A	o
		40	65	2,0		
	Tivikine	90	60	-	B	o
	El Bir	145	55	11,2	A	o
	Boulenoir	48	58	4,9	B	o
		120	85	12,0		
	Naeme	45	60	3,8	B	o
Bou Sedra	80	72	18,0	B	o	
El Kheldeira	111	63	8,5	B	Δ	
Boghe	M'gueirinatt	41	35	8,0	B	o
		50	62	10,0		
	Dar El Barka	8,5	14	0,35	B	Δ
		60	85	2,5		
	Bacara	23	12	0,4	B	Δ
		30	56	0,5		
	Meghamet Wemet	31	28	22,0	A	Δ
		11	76	7,9		
	Moi Moi 2 Tendgha	160	27	2,1	A	Δ
		50	36	0,6		
Olo Ologa	900	23	32,0	A	o	
	120	75	4,3			

Remarque 1) A: Partie peu profonde, haute résistivité; partie
profonde, basse résistivité
B: Partie peu profonde, basse résistivité; partie
profonde, haute résistivité

Tableau 3-12 Evaluation de l'exploitation des eaux souterraines (3)

Région	Villages	Résistivité $\Omega\text{-m}$	Prof- limite sup des nappes (m)	Coeffi- cient géolo- gique F	Type de résis- tivité Remar- que 1)	Evalua- tion
Bababe	Haire M'bar	24	19	1,0	B	o
		38	49	1,6		
	Sabou Allah	21	32	1,8	B	o
		63	70	5,3		
	Abari	33	22	1,7	B	o
		51	74	2,7		
	Medine	38	34	2,5	A	o
		19	100	1,3		
M'bagne	Edebaye El Hejaj	154	24	1,7	B	o
	Garalol	27	25	1,4	B	o
		45	53	2,3		
	Niabina	64	22	1,6	B	o
		189	46	4,7		
	Aleg	Agoueida	92	62	6,1	A
29			92	1,9		
Aini Rhida		238	70	6,6	B	o
Guessali		250	23	-	B	x
		2400	44	-		
Mouftah El Kheir		130	70	5,2	B	o
Magta Lahjar	N'daleya	80	30	7,3	B	Δ
		430	50	39,0		
	Guimi	48	21	-	B	o
		168	43	-		

Remarque 1) A: Partie peu profonde, haute résistivité; partie profonde: basse résistivité
 B: Partie peu profonde, basse résistivité; partie profonde, haute résistivité

4) Résumé de la prospection électrique

Le résumé de la prospection électrique effectuée dans 40 emplacements dans la région du projet se présente comme suit.

- i) 27 emplacements renferment des aquifères prometteuses.
- ii) 12 emplacements ont présenté des faibles débits ou des eaux de qualité médiocre.
- iii) 1 emplacement a été jugé peu propice à l'exploitation des eaux souterraines.
- iv) La profondeur jusqu'à l'aquifère est en moyenne de 30 mètres pour les endroits où seront utilisées des pompes à motricité manuelle et de 65 mètres en moyennes pour ceux avec électropompes. La profondeur d'excavation sera en moyenne de 40 mètres pour les pompes manuelles et de 80 mètres pour les électropompes, en tenant compte de la nécessité de creuser jusqu'à l'intérieur de l'aquifère et des erreurs de mesure.

Les emplacements avec coefficient F inférieur à 1 sont répartis dans les régions de Mederdra et de R'kiz et des emplacements ayant des eaux souterraines d'une résistivité de moins de $10 \Omega - m$ sont également à remarquer dans une partie de la région de Boutilimit. Ces emplacements possèdent probablement des eaux salines. Dans les emplacements présentant une répartition de type A en particulier, la qualité de l'eau semble se dégrader au fur et à mesure que l'on avance en profondeur et ces emplacements n'ont pas été jugés favorables à l'exploitation des eaux souterraines. Par ailleurs, à l'est d'Aleg, un socle imperméable de roches dures existe dès la surface et l'exploitation des eaux souterraines y semble également difficile. Etant donné que dans cette région, les eaux souterraines n'existent que dans les emplacements où les roches érodées sont en couches épaisses ou dans les failles, il sera important de détecter ce type d'emplacements.

3-4 Situation socio-économique

3-4-1 Villages

Les villages en Mauritanie sont au nombre de 2.326. La région de Trarza en compte 317 et celle de Brakna 262, pour un total de 579 dans la région du projet. Ces villages sont classifiés en fonction de leur population (Tableau 2-9). La majeure partie des villages du pays ont une population de moins de 100 habitants ou comprise entre 100 et 200 habitants. Ceci est également valable pour la région du projet. Toutefois, les villages ayant une population comprise entre 300 et 600 habitants représentent la majeure partie de la région concernée par le projet.

Les orientations suivantes peuvent être constatées en ce qui concerne les villages de la région du projet.

- 1) La plupart des villages sont situés à proximité d'oueds propices à l'exploitation des eaux souterraines.
- 2) La plupart des villageois se consacrent à l'élevage, à l'exception du bassin le long du fleuve Sénégal où ils pratiquent l'agriculture.
- 3) Les villageois se consacrant à l'élevage peuvent être divisés en deux catégories: des villageois sédentaires vivant dans des habitations en briques et des villageois nomades vivant dans des tentes. Toutefois, dans les régions subissant les sécheresses et la désertification, les villageois abandonnent la vie sédentaire pour redeviennent nomades, ce qui constitue un important problème social pour le pays.
- 4) Les nomades se déplacent à la recherche de villages possédant l'eau qui leur permettra de s'abreuver, d'abreuver et faire paître le bétail sans provoquer de problème avec les villageois sédentarisés.
- 5) Les villages sont isolées et éloignés de plusieurs dizaines de kilomètres car la plupart des terres sont infertiles et les villageois doivent s'assurer une vaste superficie pour faire paître le bétail.

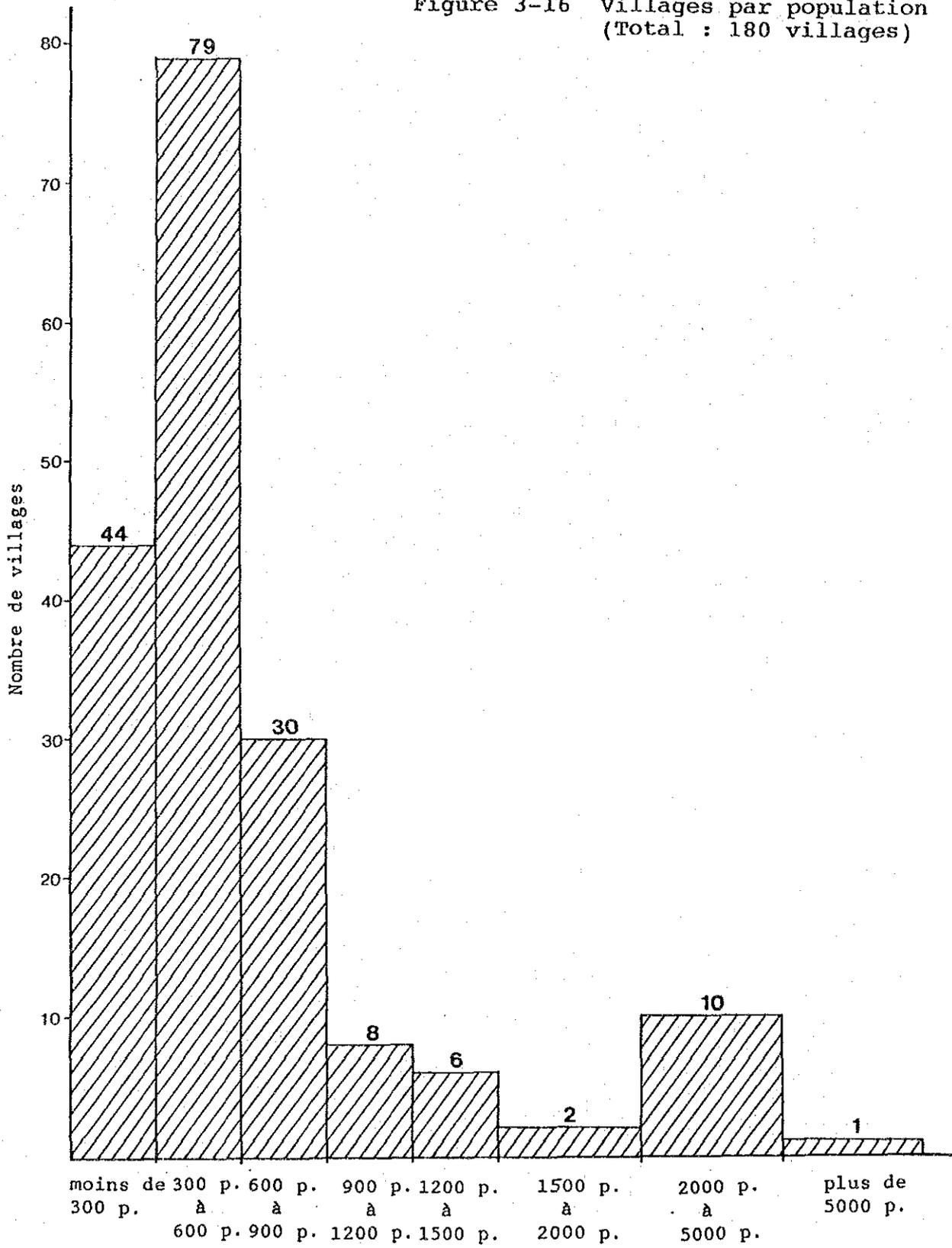
3-4-2 Alimentation en eau

Etant donné que les conditions naturelles sont très rigoureuses et que les villageois ne peuvent exister sans eau, la plupart des villages sont équipés soit de puits traditionnels, soit de puits en béton, soit de forages avec pompes manuelle, soit de forages avec électropompes. Toutefois, une partie des villages de nomades sont dépourvus de puits et doivent s'approvisionner dans le village voisin ou utiliser provisoirement les flaques et les marigots qui se forment pendant la saison des pluies.

On constate différents problèmes en ce qui concerne les puits existants, tels que l'effondrement des parois, la pénétration de sable, la baisse de niveau, le tarissement ou la contamination des eaux, sans parler des tâches exténuantes du puisage et du transport. La contamination des eaux est particulièrement importante, et les villageois souhaitent que soient construites des installations d'approvisionnement en eau modernes.

D'autre part, dans les zones urbaines, les eaux souterraines sont captées par forages et, comme indiqué au tableau 3-13, fournissent un approvisionnement conséquent. Ceci démontre que ces eaux souterraines qui existent dans l'aquifère du tertiaire du littoral, sont en abondantes quantités.

Figure 3-16 Villages par population
(Total : 180 villages)



Répartition de la population

Tableau 3-13 Quantité d'eau produite (unité: 1000 m3)

(SONELEC)

Région	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Nouakchott	4,076	4,778	4,430	5,426	6,198	5,104	7,597	8,107	8,368	8,867
Nouadhibou	1,345	1,235	1,217	1,323	1,288	1,279	1,348	1,360	2,063	2,215
Kaédi	319	358	329	420	465	445	473	463	423	386
Rosso	252	281	172	275	256	286	386	351	279	293
Akjoujt	292	392	73	174	173	218	157	189	165	120
Atar	115	151	98	62	8	46	144	88	137	129
Autres	128	142	134	200	148	218	225	234	215	236
Total	6,527	7,337	6,453	7,880	8,536	7,596	10,330	10,792	11,650	12,246

3-4-3 Epidémies et maladies endémiques

Le pourcentage d'apparition des maladies en Mauritanie n'est pas précisé mais on y constate la malnutrition, les maladies diarrhéiques, les épidémies, les maladies endémiques, les maladies parasitaires et les complications après les accouchements. Avec un pourcentage de 1,9% (de 1985 à 1990), la mortalité d'ensemble en Mauritanie est élevée. L'espérance de vie à la naissance est considérablement basse avec une moyenne de 46 ans (1987) et reflète les conditions naturelles et le mode de vie difficiles des habitants du pays.

Dans le bassin des rives du fleuve Sénégal au sud, les ressources en eau sont assurées même si cette eau n'est pas de bonne qualité. Dans la région centre-sud, les seuls cours d'eau sont les oueds qui n'ont pas d'eau en permanence et les ressources en eau dépendent entièrement des puits et forages (en nombre réduit) par exploitation des eaux souterraines et des sources des oasis. En raison de la difficulté d'approvisionnement en eau potable et saine, les maladies hydriques sont prédominantes dans le pourcentage de mortalité. Les maladies hydriques au niveau national sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Parmi les maladies mentionnées dans le tableau 3-14, les inflammations intestinales et les maladies diarrhéiques sont les plus fréquentes et représentent un pourcentage de 15% de cause de mortalité infantile. Par ailleurs, les bilharzioses sont fréquentes dans la région sud. Les dracunculoses apparaissent souvent de la région est jusqu'à Gorgol et Guidimaka.

Tableau 3-14 Maladies hydriques

Maladies	Nombre de patients			Nombre de décès		
	1988	1989	1991	1988	1989	1991
Choléra	1,121	700	9	88	27	-
Typhus, paratyphoïde	472	278	351	-	1	-
Inflammation intestinale, maladies diarrhéiques	57.893	42.123	9,857	147	77	-
Bilharziose	2.133	-	1.756	-	1	-
Dracunculose	565	468	413	-	-	-
Dysenterie	16.686	17.820	4.713	-	2	-
Parasitose	-	3.672	5.974	-	4	-
Total	78.870	65.061	23.073	235	112	-

Documentation: Bureau des Statistiques du Ministère de la Santé

3-4-4 Réseau routier

Les principales routes de Mauritanie, comme indiqué sur la carte de la région et sur la figure 3-17, partent de Nouakchott et se dirigent dans les directions suivantes.

. Route nationale n°1

Nouakchott - Akjoujt (256 km) - Atar (195 km) - Agui (100 km)

. Route nationale n°2

Nouakchott - Rosso (203 km, à la frontière sénégalaise)

. Route nationale n°3

Nouakchott - Aleg (262 km) - Sangrafa (108 km) - Kiffa (234 km) - Nema (495 km)

Les autres routes sont des routes secondaires reliant les villes régionales et les villages. Ces routes ont une longueur totale de 7.534 km (en 1988) avec un pourcentage de 22,4% de routes goudronnées, le reste étant des routes non asphaltées ou en mauvais état.

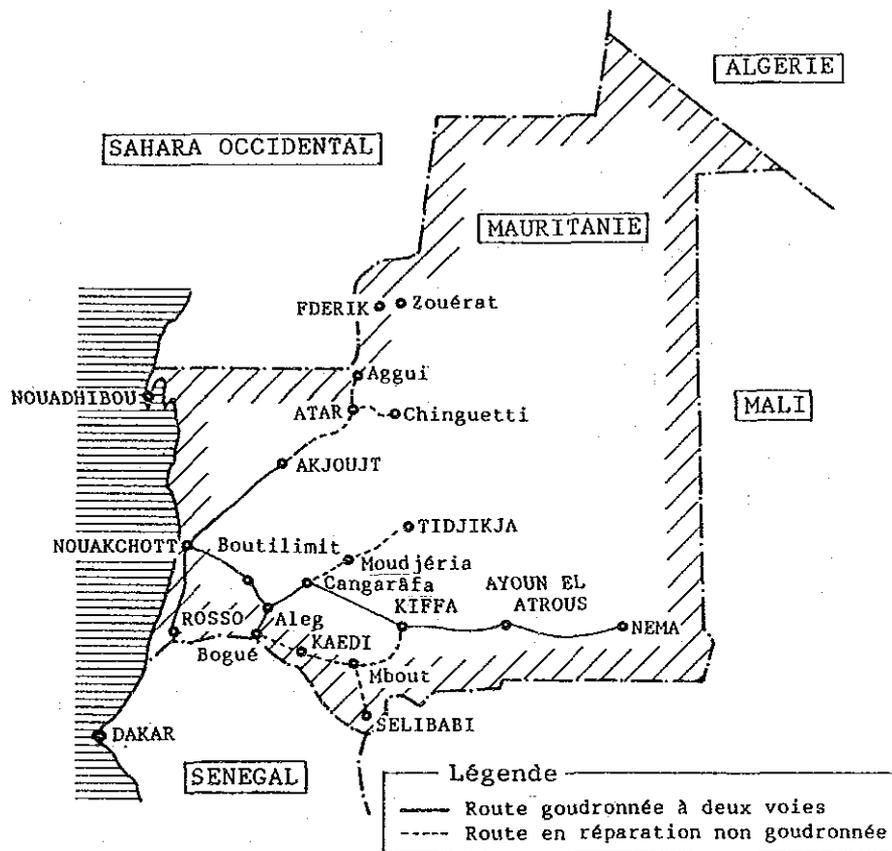
Les routes sont soumises à des conditions naturelles difficiles puisque la désertification avance de 7 à 10 km par an et peuvent être parfois recouvertes de sable après les tempêtes. Un plan d'aménagement des routes a été mis en place dont les objectifs à long terme sont l'entretien et la protection du réseau contre le sable.

La route nationale n°3, goudronnée et d'une largeur de 6 mètres, traverse les deux régions de Trarza et de Brakna et relie Nouakchott à Boutilimit, Aleg et Sangrafa. Le tronçon entre Aleg, Boghe et Kaedi et la route nationale n°2 entre Nouakchott et Rosso sont goudronnés mais les tronçons entre Boutilimit et Rosso, et entre Rosso et Boghe sont des routes secondaires non goudronnées. Les routes à l'intérieur des villages ne sont marquées que par les traces de roues et sont en mauvais état. La plupart des routes secondaires ne permettent de traverser les dunes entre les oueds. Le tracé des routes doit donc suivre la direction nord-est sud-ouest le long des oueds et les déplacements d'ouest en est nécessitent de longs détours.

Tableau 3-15 Routes de Mauritanie

Catégorie	Longueur (km)
Routes goudronnées	1.686
Routes aménagées	710
Routes non aménagées	5.138
Total	7.534

Figure 3-17 Principal réseau routier en Mauritanie





Route nationale
numéro 3, traverse
l'oued en direction
est-ouest, ensablement
par endroits



Etat d'une route
secondaire, route
indiquée uniquement
par les traces de pneus
préfecture de R'KIZ



Prospéction électrique

3-4-5 Installations portuaires

Les installations portuaires de Mauritanie se trouvent à Nouadhibou et Nouakchott. Le réseau routier n'étant pas aménagé entre les ports de Nouadhibou et de Nouakchott, le port de Nouadhibou ne pourra être utilisé pour le débarquement des équipements fournis dans le cadre du présent projet.

La ville de Nouakchott possède deux ports, le port le plus récent ayant été construit dans le cadre d'une aide chinoise. Il est éloigné d'environ 10 km de la capitale et nommé le Port de l'Amitié. Le tirant d'eau est de 9,5 mètres. Il permet l'entrée de navires de 40.000 tonnes maximum et possède une grue de 10 tonnes.

Toutefois, l'équipement le plus lourd du projet, à savoir la foreuse sur camion, pèse environ 16 tonnes et ne pourra être débarquée par cette grue. Il faudra donc prévoir un navire de transport équipé d'une grue de plus de 16 tonnes.

3-4-6 Conditions de vie

Seules les routes nationales n°2 et n° 3 permettent l'accès à la région du projet à partir de Nouakchott. Les villes et villages de Boutilimit, Aleg, Rosso et Boghe possèdent des stations service.

En ce qui concerne l'hébergement, il n'y a qu'un hôtel à Rosso une auberge de la Société Nationale de Développement Rural dont l'accueil est sélectif.

Les villes de Boutilimit, Aleg, Rosso, Boghe, R'Kiz, M'Boghe, Bababe, Aghchourguit et Tigaint sont pourvus d'un système urbain d'alimentation en eau et possède un réseau de distribution adéquat. L'alimentation électrique est fournie par un réseau par générateur diesel à Aleg et Boghe mais les habitants ne bénéficient pas de ces installations qui sont réservés aux organismes gouvernementaux.

3-5 Secteur de l'hydraulique

La Direction de l'Hydraulique (111 personnes) qui sera chargée de l'exécution du présent projet possède des bureaux régionaux à Aleg et Rosso dans la région du projet. 18 et 14 personnes y sont respectivement affectées à la construction de puits et à leur entretien. Par conséquent, l'exécution du présent projet sera entreprise en assurant des contacts étroits avec les responsables de ces deux bureaux.

CHAPITRE 4 CONTENU DU PROJET

Chapitre 4 - Contenu du projet

4-1 Objectifs du projet

Le gouvernement de Mauritanie a établi, dans le cadre du programme national de développement socio-économique du pays, un programme quinquennal d'investissement pour l'hydraulique rurale (1992-1996) destiné à assurer l'eau potable nécessaire aux habitants des zones rurales, à prévenir les maladies contagieuses et endémiques, à améliorer l'hygiène ainsi qu'à encourager l'agriculture et l'élevage. Toutefois, en raison de difficultés d'ordre essentiellement financier, les objectifs précités ne pourront probablement pas être atteints dans les délais impartis.

Pour ce faire, le gouvernement mauritanien, afin de pallier au retard pris par le programme national d'hydraulique rurale, a sélectionné les régions de TRARZA et de BRAKNA, incluses parmi les quatre zones prioritaires du programme de construction de forages (1990, Tableau 2-14) et établi un projet de construction de 180 forages dans 180 villages. Il a, à cet effet, effectué auprès du gouvernement du Japon une requête pour une coopération financière non-remboursable portant sur la fourniture de matériels et d'équipements de construction de forages, les travaux de construction des forages et des installations d'approvisionnement en eau ainsi que sur l'assistance technique pour la réalisation de forages, nécessaires à la réalisation des programmes d'exploitation des eaux souterraines et qui constituent le présent projet.

4-2 Etude du contenu de la requête

4-2-1 Pertinence et nécessité du projet

1) Pertinence du projet

Le présent projet a été jugé pertinent dans le cadre de la coopération financière non-remboursable du gouvernement du Japon car son exécution devrait non seulement permettre d'assurer un approvisionnement stable en eau potable prélevée à partir des nappes souterraines, mais également de remédier aux problèmes de l'insuffisance en eau pendant les sécheresses et la saison sèche, de

réduire considérablement les maladies hydriques dues à l'insalubrité de l'eau, d'encourager l'agriculture et l'élevage, de favoriser l'amélioration des conditions de vie de la population rurale et par conséquent de diminuer l'exode rural et d'améliorer l'hygiène. Il libérera en outre une partie de la population des tâches improductives du puisage de l'eau et accélèrera le développement social de comités ruraux centrés sur les forages.

2) Nécessité du projet

Les installations d'approvisionnement en eau dans la région du projet, à l'exception des adductions d'eau dans les villes régionales, sont généralement des puits ouverts en béton ou des puits traditionnels captant des eaux souterraines peu profondes et pouvant facilement être contaminés. Dans de nombreux villages, les habitants sont atteints chaque année de maladies dues à l'insalubrité de l'eau de ces puits et la haute mortalité infantile qui en résulte constitue un important problème social pour la Mauritanie.

Les forages qui seront réalisés dans le cadre du présent projet seront en béton, de type scellé et pourvus d'électropompes ainsi que de pompes à pied pour le captage des eaux et s'approvisionneront à partir de nappes souterraines profondes. Ils seront de ce fait beaucoup plus difficilement contaminés et pourront assurer un approvisionnement en eau qualitativement et quantitativement suffisant.

Etant donné que le projet concernera, dans ce pays où les deux tiers du territoire sont occupés par le désert, et où aucun cours d'eau ne coule en permanence à l'exception du fleuve Sénégal, des petits villages disséminés sur une vaste région à l'intérieur des terres, ces installations d'approvisionnement en eau des zones rurales par forage peuvent être considérées comme les seuls points d'eau potable pour les villageois et par conséquent indispensables pour assurer l'eau nécessaire à la vie quotidienne, prévenir les maladies contagieuses et endémiques, améliorer l'hygiène et encourager l'agriculture ainsi que l'élevage.

4-2-2 Plan d'exécution et d'exploitation du projet

Le plan d'exécution et d'exploitation de la partie mauritanienne prévoyait d'appliquer la coopération financière du gouvernement japonais à l'ensemble du contenu de la requête. Toutefois, après explication par les membres de la mission du système de mise en oeuvre de la coopération japonaise et concertation avec la partie mauritanienne, le contenu ainsi que l'envergure du projet ont subi certaines modifications.

Si la Direction de l'Hydraulique, organe d'exécution du présent projet, possède d'ores et déjà une longue expérience des projets d'hydraulique rurale, la plupart de ces projets ont été réalisés dans le cadre d'aides étrangères en raison de la situation financière du pays (exécution prise en charge par les pays donateurs ou des entreprises privées de Mauritanie), et la Direction de l'Hydraulique n'a pour l'instant jamais entrepris seule la réalisation et l'exploitation globale d'un projet d'hydraulique. Il faut noter par ailleurs, comme indiqué précédemment au paragraphe 2-4, que de nombreux grands projets réalisés par des aides étrangères se sont soldés par des échecs et, en raison du fait que jusqu'à présent aucun projet de construction de 180 forages sur une période de trois ans n'a pu être mené à bien, la Direction de l'Hydraulique semble difficilement à même de se charger du système d'exécution et d'exploitation du projet.

La Direction de l'Hydraulique a parfaitement compris les objections soulevées et a donc demandé au gouvernement japonais de lui accorder un transfert technologique permettant la mise en place d'un système d'exécution et d'exploitation lui donnant la possibilité de réaliser elle-même les travaux de construction des forages, après fourniture des matériels et équipements de construction, construction des forages et des installations d'approvisionnement en eau et mise en pratique de l'assistance technique.

La partie mauritanienne attend beaucoup des résultats du projet une fois réalisé par la coopération financière non-remboursable du gouvernement du Japon et a, dans ce sens, mis en place un organisme de contrôle et effectué les démarches nécessaires pour l'obtention du budget adéquat pour le prochain exercice. La composition des effectifs de la

Direction de l'Hydraulique, indiquée dans le tableau 2-5, ne montre aucun obstacle à la réalisation du présent projet puisqu'un niveau technique suffisant pour lui permettre d'entreprendre la réalisation et l'exploitation technique du projet sera probablement acquis après formation sur le tas. Le principal problème au niveau du système d'exécution et d'exploitation réside dans le fait que ni la Direction de l'Hydraulique ni les entreprises privées mauritaniennes ne possèdent d'équipements permettant de réaliser le projet par tranches de budget annuel selon le système japonais, problème pouvant être néanmoins résolu par la fourniture des équipements de construction de forages adéquats.

En tenant ainsi compte de la situation actuelle de la Direction de l'Hydraulique ainsi que de ses intentions, le système d'exécution et d'exploitation du présent projet sera mis en place en mettant l'accent sur le transfert technologique effectué selon les modalités suivantes.

Le système d'exécution et d'exploitation du présent projet sera destiné à la fourniture des matériels et équipements de construction des forages, aux travaux de construction des forages et des installations en eau ainsi qu'à l'assistance technique prévus dans le cadre de la coopération financière non-remboursable du gouvernement du Japon. De par ce système, la Direction de l'Hydraulique allouera le matériel fourni à un entrepreneur japonais afin que soient réalisés les travaux de construction des forages et des installations d'approvisionnement en eau définis pour chaque année budgétaire et qu'un transfert technologique en matière de forages soit effectué vis-à-vis des techniciens mauritaniens.

4-2-3 Projet similaires

Le gouvernement de Mauritanie poursuit depuis 1980 un certain nombre de programmes d'approvisionnement en eau potable (AEP) en tant que mesures contre la sécheresse. Toutefois, comme indiqué au paragraphe 2-4, il s'agit principalement de projets effectués par des aides étrangères, se soldant souvent par des échecs ou interrompus en cours de travaux, les objectifs des projets ne pouvant généralement être atteints. En fonction de cette situation, le gouvernement de Mauritanie a obtenu un financement de la Banque Mondiale pour les frais d'élaboration et d'étude afin de modifier les projets de construction de forages dans les zones rurales,

et établi un plan quinquennal d'investissement pour l'hydraulique rurale (1992-1996) qu'il s'efforce actuellement de mettre en oeuvre.

En ce qui concerne les projets similaires actuellement en cours de réalisation ou de préparation datés d'avant 1992, on ne peut mentionner actuellement qu'un programme d'utilisation de l'énergie solaire dans les zones rurales (Construction d'un forage dans le village de Tantane, préfecture d'Aleg dans la région du projet) financé par le Fonds Européen de Développement, un projet d'hydraulique rurale dont le contenu n'a pas encore été concrétisé dans la région de GORGOL et un projet de réparation des installations d'approvisionnement en eau en instance de demande auprès de la Communauté Economique de l'Afrique de l'Ouest.

Pour ce qui est des projets prenant place dans le programme quinquennal d'investissement pour l'hydraulique rurale, seul est concrétisé, outre le présent projet japonais de réalisation de 180 forages, un projet d'aide allemand portant sur la construction de 100 forages dans les trois régions d'ASSABA, HODH EL GHARBI et HODH EL CHARGUI.

Seuls cinq projets similaires au total sont à compter actuellement, y compris les projets dont la demande est en cours ou en cours de préparation, chacun de ces projets étant exécuté par des aides étrangères. Aucune inquiétude n'est par conséquent à avoir sur un éventuel redoublement ou compétition du présent projet avec un projet de même nature dans la région concernée. Par ailleurs, le présent projet pourra être considéré comme projet pilote pour la région concernée où aucun programme d'aide étrangère n'a été jusqu'alors entrepris et la partie mauritanienne souhaite vivement que les meilleurs résultats soient obtenus.

4-2-4 Composantes du projet

1) Région du projet

Les régions de TRARZA et de BRAKNA dans lesquelles sera réalisé le projet jouissent de conditions climatiques relativement favorables par rapport à l'ensemble du pays et leurs relevés hydrogéologiques sont prometteurs pour l'exploitation des eaux souterraines. Avec une

population se consacrant traditionnellement à l'élevage, ces régions possèdent un fort potentiel de développement socio-économique à l'échelle nationale et sont considérées comme particulièrement importantes pour le pays tout entier.

L'exode des populations rurales du nord du pays où les sécheresses ont été particulièrement ravageuses, vers Nouakchott ou la région du projet, constitue aujourd'hui un problème social non négligeable. Afin de trouver une solution à ce problème, le gouvernement de Mauritanie a établi un plan quinquennal d'hydraulique rurale (1992-1996) principalement centré sur la région sud et englobant la région du projet dont les objectifs en matière d'approvisionnement suffisant en eau sont loin d'être atteints à l'heure actuelle.

La région du projet ne prévoit pour l'instant aucun projet réalisé par le biais de la coopération économique d'un pays industrialisé ou d'un organisme international. Dans cette région en outre, les installations d'approvisionnement en eau modernes sont encore peu nombreuses (23 forages avec pompes à éolienne, 4 forages avec électropompes et un forage à énergie solaire, total 28) et la réalisation de forages destinés aux villages souffrant particulièrement du manque d'eau ainsi qu'aux réfugiés de la sécheresse aura des effets particulièrement marquants. Cette région a par conséquent été jugée appropriée pour la réalisation du projet.

2) Bénéficiaires du projet

On peut considérer que la totalité des habitants de la région concernée seront bénéficiaires du projet, étant donné que ledit projet a été prévu entre autres comme remède à l'insuffisance en eau fournie par les puits existants en raison de la diminution du niveau des eaux souterraines due aux sécheresses ainsi que comme mesure de prévention contre les maladies hydriques provoquées par l'absorption de l'eau insalubre des puits, des flaques ou des marigots.

La partie mauritanienne a considéré que la population bénéficiaire serait de 117.676 habitants (voir Tableau 2-13) pour un projet de construction de 180 forages, c'est-à-dire nettement en-dessous de la

norme fixée entre 100 et 300 personnes par forage. Toutefois, les orientations fondamentales du projet mauritanien ne tiennent pas compte de la population des villages, mais du nombre de villages et portent donc sur la réalisation de 180 forages dans 180 villages.

Lors de la première phase de réalisation des forages, les résultats de l'étude du nombre de forages à construire effectuée au paragraphe 4-2-5 ci-après ont montré que la population bénéficiaire du présent projet serait de 76.659 habitants, que les villages concernés seraient au nombre de 114 et les forages au nombre de 180. (Voir Tableau 4-4)

3) Volume d'eau prévu

Le gouvernement mauritanien a établi les volumes d'eau à approvisionner par habitant, selon les niveaux indiqués ci-après.

- i) Villages de 150 à 2.000 habitants: 20 litres par jour et par habitant
- ii) Villages de 2.000 à 5.000 habitants: 40 litres par jour et par habitant
- iii) Villages de plus de 5.000 habitants: 50 litres par jour et par habitant (équivalent aux villes régionales)

La population bénéficiaire du présent projet s'apparente essentiellement à la catégorie i) ci-dessus, et même si une partie peut être classée dans la catégorie ii), la formule 20 litres par jour et par habitant sera appliquée aux quantités d'eau à fournir dans le cadre du projet. Etant donné que la norme généralement utilisée dans les pays d'Afrique de l'Ouest est de 20 à 25 litres par jour et par habitant, on peut considérer les 20 litres ci-dessus mentionnés comme pertinents puisqu'ils constituent une amélioration de l'approvisionnement en eau dans les villages.

Toutefois, le problème de l'approvisionnement en eau des villages de plus de 2.000 habitants ainsi que de ceux dont les habitants se consacrent à l'élevage du bétail reste encore à résoudre.

Pour les villages de plus de 2.000 habitants, l'amélioration des installations d'approvisionnement en eau, par la réalisation de forages avec électropompes et la mise en place de réservoirs, permettra d'assurer les volumes prévus.

Pour les villages dont la population se consacre à l'élevage, et bien qu'il n'existe aucunes données précises sur l'importance du cheptel dans la région du projet, les installations d'approvisionnement en eau devront nécessairement inclure les volumes destinés au bétail car les quantités d'eau nécessaire pour les besoins des habitants et du bétail restent indissociables en Mauritanie. Par ailleurs, le cheptel mauritanien a été évalué à un million de bovins, huit millions d'ovins, huit cent quarante mille camelins et deux cent quatre vingt mille chevaux et ânes.

4) Phases du projet

L'année-cible du projet sera 1996, dernière année du programme quinquennal d'investissement pour l'hydraulique rurale (1992-1996).

Si les travaux du projet commencent en 1994, il sera possible de terminer les 180 forages prévus d'ici 1996, à en juger par l'échéancier d'exécution des travaux donné au Tableau 6-1.

5) Réalisation annuelle du projet

Le gouvernement de Mauritanie avait prévu les travaux suivants par année afin que soient réalisés en trois ans (de la phase I à la phase III) les travaux de construction des installations d'approvisionnement en eau dans 180 emplacements.

- 1994 (Phase I): Construction de 60 installations d'approvisionnement en eau (40 forages avec pompes manuelles et 20 forages avec électropompes)
- 1995 (Phase II): Construction de 60 installations d'approvisionnement en eau (40 forages avec pompes manuelles et 20 forages avec électropompes)

1996 (Phase III): Construction de 60 installations d'approvisionnement en eau (40 forages avec pompes manuelles et 20 forages avec électropompes)

Toutefois, ce programme a été modifié de la manière suivante en raison du nombre limité de jours pour la construction des forages puisque la phase I devra, d'une part, tenir compte de l'année budgétaire du système d'aide japonais et, d'autre part, inclure les délais de construction et d'expédition des matériels et équipements.

Phase I: Construction de 20 installations d'approvisionnement en eau ((10 forages avec pompes à pied et 10 forages avec électropompes)

Phase II: Construction de 80 installations d'approvisionnement en eau (55 forages avec pompes à pied et 25 forages avec électropompes)

Phase III: Construction de 80 installations d'approvisionnement en eau (55 forages avec pompes à pied et 25 forages avec électropompes)

6) Pompes à motricité humaine

Les pompes à motricité humaine mentionnées dans la requête du gouvernement mauritanien sont des pompes manuelles. Toutefois, après entretiens, l'accord a été obtenu pour l'utilisation de pompes à pied (de fabrication française), supérieures aux pompes manuelles du point de vue des résultats obtenus, des volumes captés, de la facilité de manoeuvre, de l'entretien et de l'hygiène.

7) Type de forages

Des forages de type A et B ont été sélectionnés pour le projet à partir de critères socio-économiques et techniques.

Type A: forages avec pompes manuelles, trou de forage de \varnothing 10-5/8", profondeur moyenne de 60 m

Type B: forages avec électropompes, trou de forage de \varnothing 10-5/8", profondeur moyenne de 60 m

La sélection du type de forages dépend de la profondeur de répartition des eaux souterraines, du débit, de l'importance de la population bénéficiaire ainsi que des volumes d'approvisionnement prévus par le projet. Par conséquent, des forages avec électropompes seront réalisés dans les villages dont les eaux souterraines sont à une profondeur de plus de 50 mètres, alors que des pompes à motricité humaine seront employées pour les eaux souterraines moins profondes.

En ce qui concerne la méthode de forage, un trou de forage de diamètre définitif de 10-5/8", un tubage et des tubes de \varnothing 150 mm, supérieurs par conséquent au diamètre de 6-1/4" de forage et de \varnothing 4" de tubage appliqués traditionnellement, seront utilisés en tant que mesure de prévention de la turbidité et de la pénétration des fines particules de sable ainsi que pour assurer une plus longue durée d'utilisation du puits. La profondeur moyenne d'excavation est en principe de 60 mètres pour les forages de type A comme de type B, mais à en juger par les résultats de l'étude en site, les forages de type A vont jusqu'à une profondeur de 40 mètres alors que les forages de type B ont une profondeur de 80 mètres.

8) Critère de succès des forages

En fonction des caractéristiques des pompes, on considérera comme réussi un forage ayant assuré lors des essais un débit de plus de 0,6 m³/h pour les forages avec pompes à motricité manuelle et de plus de 6,0 m³ pour les forages avec électropompes.

Les valeurs des critères de débit en Mauritanie ne diffèrent pratiquement pas de celles utilisées en Afrique Occidentale. Les pompes à pied, qui permettent d'obtenir des débits de 1,4 m³/h, 1,25 m³/h, 1,0 m³/h et 0,6 m³/h pour des hauteurs de pompage respectives de 25 m, 35 m, 45 m et 60 m, ont par conséquent un débit supérieur aux normes. En ce qui concerne les électropompes submersibles, s'il en existe différents types, pour un diamètre de forage de 6" et un diamètre de pompe de 65 mm, on obtient des débits de 0,48 m³/min., 0,45 m³/min., 0,40 m³/min, 0,36 m³/min. et 0,29 m³/min. pour des hauteurs respectives de pompage des eaux souterraines de 50 m, 60 m, 70 m, 80 m et 90 m, c'est-à-dire assurant des débits supérieurs aux normes.

9) Forage avec système de pompage par énergie solaire

Le gouvernement de Mauritanie avait proposé non officiellement que les forages soient pourvus d'un système de pompage par énergie solaire. Toutefois, à en juger par les ruptures et les remplacements des composants nécessités pour le système solaire d'expérimentation mis en place dans le cadre d'un projet d'aide de la Communauté Européenne au mois de février 1993 dans le village de TANTANE de la région d'ALEG, l'utilisation d'un système à énergie solaire a été jugée prématurée pour le présent projet.

4-2-5 Etude du nombre de forages

1) Contenu du projet

Après entretien avec le gouvernement mauritanien, le contenu du projet peut se résumer de la manière suivante:

- Réalisation d'un forage dans 180 villages
- En prenant la valeur de 40 mètres de profondeur des eaux souterraines pour délimitation, réalisation de forages avec pompes à pied pour les emplacements peu profonds et d'électropompes pour les emplacements ayant une profondeur plus importante.
- Pour les villages de plus de 2.000 habitants, les forages peu profonds pour des eaux souterraines de moins de 40 mètres seront néanmoins pourvus d'électropompes.

2) Nombre de forages

i) Etude par couches géologiques et niveau des eaux souterraines

On a reporté sur la figure 3-13 les villages de la région du projet sur une carte indiquant les lignes isobathes des eaux souterraines ainsi que la répartition des couches du tertiaire et des grès (précambrien), repères de difficulté d'exploitation des eaux souterraines. En fonction de cette carte, et classifiant les 180 villages de la région par couche géologique en prenant pour critère la profondeur de 40 mètres, on trouve 90 villages avec des eaux souterraines situées à moins de 40 mètres de profondeur et 60 villages avec des eaux souterraines situées à plus de 40 mètres de profondeur dans des zones géologiques du tertiaire, ainsi que 20 villages avec des eaux souterraines de moins de 40 mètres de profondeur et 10 villages avec eaux souterraines de plus de 40 mètres dans la zone gréseuse.

A partir de ces données, une sélection simple peut être effectuée pour ce qui est du type de pompe, à savoir 110 forages avec pompes à pied et 70 forages avec électropompes.

ii) Etude par niveau de population

Pour le gouvernement mauritanien, un forage est nécessaire par village, et la norme de forage par niveau de population n'est généralement pas prise en compte. Toutefois, les villages comptant entre 100 et 1000 habitants sont nombreux en Mauritanie et il serait souhaitable de construire plusieurs forages par village, ne serait ce qu'en tenant compte des normes de l'Afrique Occidentale.

Tableau 4-1 Nombre de forages avec pompes manuelles par habitants

Population villageoise	Nombre de forages
100 - 300 habitants	1
300 - 600 habitants	2
600 - 900 habitants	3
900 - 1.200 habitants	4
1.200 - 1.500 habitants	5
1.500 - 2.000 habitants	6

En prenant pour critère de construction un forage pour 300 habitants et une capacité d'approvisionnement objectif de 20 l/personne et par jour, il est nécessaire d'obtenir 6 m³/jour par forage. Par ailleurs, étant donné que la durée de pompage est de deux heures matin et soir et une heure à midi, à savoir 5 heures par jour, le débit de 1,2 m³/h pour une hauteur 40 mètres pour les pompes à pied s'avère suffisant, et l'on peut considérer la valeur de 40 mètres comme la limite permmissible.

Si l'on compte le nombre de forages à construire en prenant pour base les forages avec pompes à pied par rapport au niveau de population et les forages avec électropompes par rapport aux conditions préétablies, le nombre de forages à construire s'avère nettement supérieur au nombre de forages requis (à savoir 180 forages), comme indiqué ci-dessous. (Voir Tableau 4-3)

Nombre de villages	180
Forages avec pompes à pied	206
Forages avec électropompes	84
Total	290

3) Proposition du nombre de forages à réaliser

Comme indiqué précédemment, une différence est à constater entre le nombre objectif de forages à construire et le nombre de forages dont la construction a été requise. A partir des conditions ci-dessous, une étude plus détaillée a été effectuée afin d'établir une proposition pour le nombre de forages à réaliser.

- i) Les villages situés dans des zones au socle rocheux où l'exploitation des eaux souterraines est particulièrement difficile ne seront pas pris en compte malgré l'insuffisance en eau dont ils sont victimes, étant donné que le projet a pour priorité de réussir les forages.
- ii) Pour les villages situés dans des zones avec eau saline, ils seront écartés de la même manière pour les raisons indiquées en i).
- iii) Etant donné que dans le cas du présent projet, tous les villages souffrent au même degré du manque d'eau, on limitera la réalisation des forages aux villages situés dans la zone des couches géologiques du tertiaire afin d'obtenir les meilleurs chances de succès pour l'exploitation des eaux souterraines.
- iv) Les villages de la préfecture de M'BAGNE où la réalisation de forages avait été prévue (6 emplacements, 6 forages avec pompes

à pied, 5 forages avec électropompes) sont effectivement situés dans une zone tertiaire mais en raison de leur situation à l'extrême sud du pays et du nombre de forages total requis (180), ils ne seront pas inclus dans le présent projet.

- v) Les critères de sélection des forages avec pompes à pied et des forages avec électropompes sont les suivants:

Forage avec pompe à pied: Villages avec eaux souterraines à moins de 40 mètres de profondeur

Forage avec électropompe: Villages avec eaux souterraines à plus de 40 mètres de profondeur et villages de plus de 2.000 habitants avec eaux souterraines à moins de 40 mètres de profondeur

- vi) Les forages avec pompes à pied seront réalisés avec un critère d'un forage pour un village de 300 habitants. Un forage avec électropompe sera également réalisé par village. La valeur objectif d'approvisionnement en eau sera en outre assurée par la mise en place de réservoirs d'eau ou de réseau de distribution.

La proposition du plan de forages à réaliser établie à partir de l'étude ci-dessus, comme indiqué au tableau 4-4, porte par conséquent sur 120 forages avec pompes à pied (54 villages, population bénéficiaire de 29.033 habitants) et de 60 forages avec électropompes (60 villages, population bénéficiaire de 47.626 habitants), à savoir un total de 180 forages, chiffre identique à celui de la requête. Toutefois, le nombre de villages concernés est passé de 180 à 114, et la population bénéficiaire de 117.676 habitants à 76.659 habitants.

Tableau 4-2 Nombre de villages selon les profondeurs des eaux souterraines

Région	Préfecture	Prof. eaux souter. tertiaire		Prof. eaux souter. s. rocheux		Total (vges)
		<40 m	≥40 m	<40 m	≥40 m	
Trarza	Boutilimit	3	30	0	0	33
	R'kiz	21	9	0	0	30
	Mederdra	9	2	0	0	11
	Ouad Naga	9	4	0	0	13
	Keur Macene	4	0	0	0	4
	Sous-total	46	45	0	0	91
Brakna	Boghe	26	0	0	0	26
	Aleg	0	15	3	8	26
	Mokta Lahjar	0	0	17	2	19
	Bababe	12	0	0	0	12
	M'Bagne	6	0	0	0	6
	Sous-total	44	15	20	10	89
	Total (villages)	90	60	20	10	180

Tableau 4-3 Nombre de forages à réaliser en tenant compte du niveau des eaux et du nombre de villageois

Région	Préfecture	Région tertiaire		Région s. rocheux		Total (fges)
		P. pied	E. pompe	P. pied	E. pompe	
Trarza	Boutilimit	11	30	0	0	41
	R'kiz	46	9	0	0	55
	Mederdra	21	2	0	0	23
	Ouad Naga	18	4	0	0	22
	Keur Macene	7	1	0	0	8
	Sous-total	103	46	0	0	149
Brakna	Boghe	52	2	0	0	54
	Aleg	0	15	4	8	27
	Mokta Lahjar	0	0	26	2	28
	Bababe	15	6	0	0	21
	M'Bagne	6	5	0	0	11
	Sous-total	73	28	30	10	141
	Total (forages)	176	74	30	10	290

Tableau 4-4 Projet de construction de forages et villages non concernés par préfecture

() nombre villages avec forages

Région	Préfecture	Total villages concernés	Villages non concernés				Nbre. Vges concernés	Nombre de forages			Popu. bénéficiaire
			Eau saline	Socle rocheux	Pros. négat	Autre		P. pied	Elect. pompe	Total	
TRARZA	BOUTILIMIT	33	-5	0	-1	0	27	8 (2)	25(25)	33	20.159
	R'KIZ	30	-10	0	0	0	20	25(11)	9 (9)	34	11.776
	MEDERDRA	11	0	0	-1	0	10	18 (8)	2 (2)	20	5.678
	OUAD NAGA	13	0	0	0	0	13	18 (9)	4 (4)	22	6.824
	KEUR MACENE	4	-4	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sous-total	91	-19	0	-2	0	70	69(30)	40(40)	109	44.437
BRAKNA	BOGHE	26	-5	0	-3	0	18	36(17)	1 (1)	37	11.143
	ALEG	26	-1	-11	0	0	14	0	14(14)	14	5.079
	MOKTA LAHJAR	19	0	-19	0	0	0	0	0	0	0
	BABABE	12	0	0	0	0	12	15 (7)	5 (5)	20	16.000
	M' BAGNE	6	0	0	0	-6	0	0	0	0	0
	Sous-total	89	-6	-30	-3	-6	44	51(24)	20(20)	71	32.222
Total	180	-25	-30	-5	-6	114	120 (54)	60(60)	180	76.659	

4-2-6 Etude du procédé des travaux de forage

Etant donné qu'il faut compter une profondeur d'excavation moyenne de 40 mètres pour les forages avec pompes à pied et une profondeur d'excavation moyenne de 80 mètres pour les forages avec électropompe, le procédé des travaux par forage peut être résumé de la manière suivante.

Tableau 4-5 Echancier des travaux de forage

Equipe	Equipe de forage		Equipe de finition	
	Pompe à pied	Electro-pompe	Pompe à pied	Electro-pompe
(1) Préparation des travaux	0,2	0,2	0,2	0,2
(2) Déplacement	0,5	0,5	0,3	0,3
(3) Montage	0,3	0,3	0,3	0,3
(4) Travaux de forage	2,7	5,5		
(5) Diagraphie électrique	0,3	0,3		
(6) Travaux de tubage	0,5	0,8		
(7) Travaux développement			1,0	1,0
(8) Essai de pompage			1,4	2,7
(9) Finition de l'ouverture			0,5	0,5
(10) Démontage et retrait	0,5	0,5	0,5	0,5
Total	5,0 j	8,1 j	4,4 j	5,7 j

Les conditions appliquées pour l'étude sont les suivantes.

- 1) Malgré le manque de données concernant les travaux de forage dans la région du projet, on peut considérer en fonction des données géologiques par région indiquées au tableau 3-5 que le pourcentage de succès sera compris entre 50 et 90% pour les aquifères de la région ouest. En prenant en outre pour référence un pourcentage de succès de 90% pour les aquifères des couches tertiaires du littoral, un pourcentage de succès de 80% a été appliqué dans les calculs.

- 2) La durée d'exécution des travaux, en prenant pour base le nombre d'heures de travail en Mauritanie, à savoir 44 heures par semaine, le nombre de jours fériés (8 jours par an), les jours requis pour les inspections périodiques des équipements (1 mois par an), a été comptée à environ 256 jours.
- 3) Le présent projet nécessite une période de 8,5 mois dans sa première phase pour la construction et l'expédition des machines. Pour ce faire, si certains travaux de forages seront réalisés lors de la première année, les travaux proprement dits commenceront véritablement lors des deux années suivantes. On avait donc calculé que la totalité des travaux de forage serait de 2,25 années.
- 4) Deux équipes seront prévues pour les travaux de forage, l'une pour les travaux de forage avec pompes à pied et l'autre pour les travaux avec électropompes (2 foreuses).

En fonction des conditions 1) à 4) ci-dessus, le calcul pour l'ensemble des travaux à partir du calendrier par forage se présente comme suit:

Forage avec pompe à pied:	$5,0 \text{ jours} \div 0,8 = 6,25$	$- 120 \text{ forages} \times 6,25$
	jours/forage =	750 jours
Forage avec électropompe:	$8,1 \text{ jours} \div 0,8 = 10,13$	$\text{jours} - 60 \text{ forages}$
	$\times 10,13 \text{ jours/forage} =$	608 jours
Total		1.358 jours

Nombre de jours nécessaires pour les travaux de forage:

$1.358 \text{ jours} \div 256 \text{ jours} \div 2 \text{ foreuses} = 2,65 \text{ années} > 2,25 \text{ années}$

En fonction de ces calculs, on s'aperçoit que la durée des travaux réels est supérieure de 0,4 ans aux 2,25 années prévues. En procédant de nouveau au calcul après avoir ajouté 6 heures supplémentaires par semaine, c'est-à-dire à 50 heures de travail hebdomadaires, on obtient ce qui suit:

Forage avec pompe à pied:	$6,25 \text{ jours} \times 44/50 \text{ heures} = 5,50 \text{ heures}$
	$120 \text{ forages} \times 5,50 \text{ jours/forage} = 660 \text{ jours}$

Forage avec électropompe: $10,13 \text{ jours} \times 44/50 \text{ heures} = 8,91 \text{ jours}$ -
 $60 \text{ forages} \times 8,91 \text{ jours/forage} = 535 \text{ jours}$
 Total 1.195 jours

Nombre de jours nécessaires pour les travaux de forage:
 $1,195 \text{ jours} \div 279 \text{ jours} \div 2 \text{ foreuses} = 2,14 \text{ années} > 2,25 \text{ années}$

En fonction du calcul précédent, le nombre de forages réalisés par phase sera comme suit.

Tableau 4-6 Travaux de forage par phase (proposition)

Forages	Phase I	Phase II	Phase III	Total
Pompes à pied	10	55	55	120
Electropompes	10	25	25	60
Total	20	80	80	180

Par conséquent, en ayant deux équipes de forage parfaitement équipées et en ajoutant les heures supplémentaires, on obtient 0,11 années, c'est-à-dire environ 40 jours de marge. Les équipes de finition des forages prenant le relais après les travaux de forage pourront donc terminer leurs travaux dans les délais impartis.

Si des équipes sont spécialisées pour chaque catégorie de travaux, le projet de construction de 180 forages et installations d'approvisionnement en eau pourra être achevé dans les trois ans prévus en effectuant de pair le transfert technologique.

4-2-7 Etude des installations d'approvisionnement en eau

La requête du gouvernement mauritanien n'avait porté que sur les matériels nécessaires aux installations d'approvisionnement en eau et ne précisait pas l'envergure ni le détail de ces installations. Après étude en site et concertation avec le gouvernement mauritanien, les orientations suivantes ont été dégagées.

1) Orientations fondamentales du plan des installations d'approvisionnement

Le plan des installations d'approvisionnement en eau devra tenir compte des éléments exposés ci-après.

- i) La capacité d'étude d'approvisionnement en eau a été fixée à 20 litres par personne et par jour, pour un approvisionnement de 5 heures par jour.
- ii) Les installations d'approvisionnement en eau devront être d'un entretien facile.
- iii) En ce qui concerne l'envergure de ces installations, on tiendra compte non seulement de la population actuelle des villages mais également des nomades cherchant à se désaltérer et à abreuver leur bétail.
- iv) Le système d'approvisionnement en eau est le suivant forage - (pompe à moteur submersible) - réservoir surélevé - réseau de distribution - (écoulement naturel) - bornes-fontaines et abreuvoir pour le bétail.
- v) L'approvisionnement en eau destiné aux habitants des villages sera effectué par bornes-fontaines en fonction de la population et de l'envergure du village. En principe, une borne-fontaine sera prévue pour 500 habitants, chacune des bornes-fontaines étant dotée de six robinets.
- vi) Une boîte à clapet sera prévue à proximité de la borne-fontaine et un tuyau de distribution fermé par bouchon sera également installé en prévision de l'extension future des tuyaux d'approvisionnement. L'évacuation sera effectuée par puisard d'infiltration.
- vii) A en juger par le mode de vie dans les villages, un abreuvoir pour le cheptel sera prévu par emplacement, à une certaine distance des installations d'approvisionnement en eau.

2) Installations d'approvisionnement en eau

Les installations d'approvisionnement en eau qui seront construites avec les forages avec électropompes seront composées des équipements suivants.

i) Installations de prise d'eau

- Equipement de prise d'eau par forage
- Equipement de captage: électropompes submersibles et générateur diesel
- Abri pour l'exploitation et l'entretien des machines

ii) Installations de réserve d'eau

- Tuyau de transfert
- Réservoir surélevé

iii) Installations de distribution d'eau

- Tuyau de distribution
- Bornes-fontaines, plateforme d'écoulement, puisard d'infiltration
- Abreuvoir pour le bétail

3) Critères de sélection des équipements

Les critères de sélection des équipements destinés aux installations d'approvisionnement en eau sont les suivants.

i) Tuyau de cuvelage avec crépine

On calculera le nombre de tuyaux de cuvelage à crépine (\varnothing 6") nécessaires selon que la profondeur d'excavation est de 40 mètres ou de 80 mètres pour les forages à pompes à pied ou à électropompes. Ces tuyaux seront en FRP, en tenant compte de la résistance de ce matériau à la corrosion et sa durabilité.

ii) Electropompe submersible avec générateur diesel

Les spécifications de ces pompes seront définies en fonction du débit nécessaire et du niveau supposé des eaux souterraines. La mise en route et l'arrêt du générateur seront effectués manuellement.

iii) Réservoir surélevé

Le réservoir surélevé sera en panneaux FRP, faciles à monter, résistants à la corrosion et durables. Son support sera métallique en raison des travaux. Par ailleurs, la capacité de ce réservoir sera déterminée en fonction du volume d'approvisionnement requis. Etant donné qu'un nettoyage de l'intérieur du réservoir devra avoir lieu périodiquement, un tuyau d'évacuation des eaux sera prévu.

iv) Les tuyaux d'approvisionnement en eau seront en PVC en raison de la résistance anti-corrosion de ce matériau et de sa durabilité. Ils seront enterrés pour éviter leur détérioration et leur usure. Toutefois, les boîtes à clapet qui seront disposées un peu partout seront semi-souterraines pour leur facilité de rangement, de contrôle et de réparation.

v) Les tuyaux de distribution en surface seront métalliques pour éviter leur détérioration.

vi) Abri pour le générateur, abreuvoir pour le bétail

Les matériaux de construction de l'abri pour le générateur et de l'abreuvoir seront fournis sur place et construits selon les méthodes locales.

4-2-8 Etude des équipements et matériels de la requête

La requête du gouvernement de Mauritanie comporte les équipements et matériels indiqués au tableau 2-15, en principe nécessaires à la réalisation de 180 forages.

Les équipements requis sont présentés de manière détaillée dans différentes rubriques mais certains éléments concernant les désignations, les quantités, les ensembles, les applications, les spécifications et la nécessité sont imprécis ou encore paradoxaux sur le plan technique. Un réexamen a donc été effectué par la mission d'étude sur l'envergure, les modèles, les matériaux, les quantités et les spécifications des équipements en fonction de l'envergure du projet, de l'année prévue pour sa réalisation, de la pertinence des travaux, de la facilité d'exploitation, du niveau technique, et de l'expérience acquise en ce

domaine. Des discussions ont eu lieu avec les responsables mauritaniens qui ont permis d'établir une nouvelle liste des équipements requis, présentée en tant que proposition dans le tableau 5-8.

Les critères fondamentaux suivants ont été pris en compte pour l'établissement de ladite liste.

- 1) Equipements et matériels requis pour former deux équipes d'exploitation des eaux souterraines à l'aide des deux foreuses
- 2) Equipements et matériels requis pour la construction en trois ans de 180 forages et installations d'approvisionnement en eau
- 3) En ce qui concerne les foreuses, on a pu constater, d'après les forages exécutés dans le passé en Afrique, que pour l'exploitation (à l'avenir) des eaux souterraines dans les régions avec socle en roches très dures du précambrien, il fallait au minimum que soit utilisée une machine à percussion pneumatique (FMT) pour éviter les problèmes au moment du forage ou les échecs. En tenant compte du fait que les villages de la région du projet sont disséminés sur une vaste région, il sera souhaitable d'utiliser une grue sur camion d'un modèle doté d'excellentes performances au point de vue durabilité, et fonctionnalité.
- 4) En ce qui concerne les véhicules, ils seront sélectionnés en prenant pour référence la composition standard des équipes d'exploitation des eaux souterraines indiquée à la figure 4-3.
- 5) En ce qui concerne les tuyaux conducteurs de trépan, ils seront sélectionnés en fonction de la méthode de forage indiquée au paragraphe 4-3-5 et du programme de tubage présenté dans la figure 4-4.
- 6) Pour les tuyaux de cuvelage avec crépine, des tuyaux en FRP, supérieurs en qualité à ceux en PVC seront utilisés et leur quantités seront déterminées en fonction de la profondeur moyenne d'excavation des 180 forages.

- 7) Pour les pompes à motricité humaine, des pompes à pied seront préférées aux pompes à main pour leur supériorité en matière de fonctionnalité, de manoeuvrabilité, de facilité d'entretien, de manoeuvre et de remplacement des pièces.

Les modèles des électropompes seront sélectionnés en fonction de la population bénéficiaire, du débit requis, du niveau des eaux souterraines et du diamètre du forage (\varnothing 6") entre autres. Par ailleurs, en tenant compte de l'alimentation électrique dans la région du projet, des électropompes submersibles alimentées par générateur diesel seront utilisées.

- 8) A cela seront rajoutés les matériels pour l'investigation et la mise à l'essai.

4-2-9 Etude de la nécessité de l'assistance technique

La Direction de l'Hydraulique qui sera chargée de l'exécution du présent projet possède d'ores et déjà, à en juger par les résultats obtenus lors des précédents projets d'hydraulique, les connaissances techniques fondamentales en matières d'hydraulique. Toutefois, étant donné la durée prolongée du projet ainsi que l'envergure conséquente de la région visée, il serait préférable que l'assistance technique ne porte pas uniquement sur la technique de forage mais également sur les techniques d'exploitation et d'entretien des installations d'approvisionnement en eau et des équipements, ainsi que sur le système de gestion du projet.

Etant donné que peu de réussites sont à relever parmi les grands projets d'hydraulique de ce type, et le manque de familiarité avec les équipements japonais qui seront fournis, l'assistance technique japonaise sera nécessaire afin que la Direction de l'Hydraulique puisse mettre en oeuvre un système lui permettant de réaliser indépendamment des projets de cette envergure à l'avenir.

Par ailleurs, il sera nécessaire, pour les projets d'hydraulique des programmes nationaux se proposant de construire un grand nombre d'installations d'approvisionnement en eau, d'utiliser des foreuses dotées d'un système de forage très perfectionné. Afin donc de réussir le présent

projet, il est indispensable que les techniciens de la Direction de l'Hydraulique maîtrisent les techniques des systèmes de forage perfectionnés et que soit réalisé un transfert technologique par la partie japonaise au moyen d'une formation sur le tas.

4-2-10 Orientations de base de l'assistance technique

Etant donné que l'efficacité, la possibilité de mise en oeuvre et d'établissement d'un système d'exécution pour la réalisation du présent projet ont été vérifiés, et que cette réalisation concorde avec le système de la coopération financière non-remboursable du gouvernement japonais, le projet a été jugé réalisable dans le cadre de cette aide.

Par conséquent, le projet dans son ensemble vient d'être étudié et d'être jugé pertinent pour ce qui est de sa réalisation dans le cadre de la coopération financière non-remboursable du Japon. En présupposant que cette aide financière sera octroyée, nous avons procédé à l'établissement du plan de base du projet.

4-3 Aperçu du projet

4-3-1 Organisme d'exécution et système de gestion

L'organisme d'exécution du présent projet sera la Direction de l'Hydraulique du ministère de l'Hydraulique et de l'Energie de la République Mauritanienne. Les organismes véritablement chargés de l'exécution, comme l'indique l'organigramme de la figure 2-4, seront le bureau principal de NOUAKCHOTT, la capitale, ainsi que les bureaux régionaux de ROSSO et d'ALEG contrôlant les deux régions du même nom.

La Direction de l'Hydraulique est responsable de l'établissement des programmes nationaux d'hydraulique, des décisions concernant les projets d'approvisionnement en eau, ainsi que de la construction et du contrôle des puits et des installations d'approvisionnement.

Le système de gestion du présent projet portera sur la mise en place d'équipes spécialisées, chacune de ses équipes comportant les membres compétents nécessaires.

Figure 4-1 Composition des équipes d'exploitation des eaux souterraines

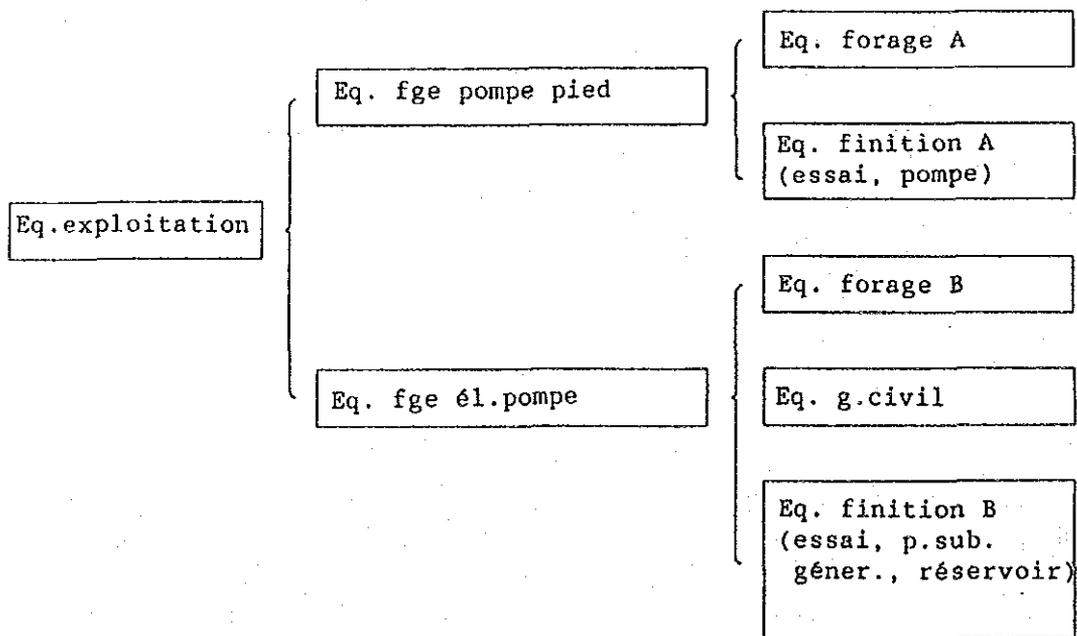


Tableau 4-7 Membres des équipes d'exploitation

Qualification	Equipes de forage(A et B)	Equipes de finition	
		Equipe A	Equipe B
Superviseur Géologue	1		
Superviseur Hydrologue		1	1
Mécanicien	2		
Technicien	2	3	3
Chauffeur	2	1	1
Manoeuvre	2	2	4
Total	9	7	9

4-3-2 Plan des opérations

Le contenu du plan des opérations peut se résumer de la manière suivante.

- 1) Etant donné que les villages dont les habitants utilisent des eaux insalubres sont disséminés sur une vaste région, il semble difficile de prévoir, pour des raisons d'ordre économique, un approvisionnement en eau par une station d'épuration moderne. La solution la plus économique et la plus rapide au problème de l'insuffisance en eau est par conséquent de prévoir la réalisation de forages des eaux souterraines.
- 2) Les régions dans lesquelles seront réalisés les forages sont les quatre préfectures de BOUTILIMIT, MEDERDRA, OUAD NAGA et R'KIZ parmi les six préfectures de la région de TRARZA, ainsi que les trois préfectures de BOGHE, ALEG et BABABE parmi les cinq préfectures de la région de BRAKNA.
- 3) Le projet s'adressera à 70 villages de la région de TRARZA, à savoir une population bénéficiaire de 44.437 habitants, et à 44 villages de la région de BRAKNA, à savoir 32.222 habitants, pour un total de 114 villages et 76.659 habitants.
- 4) Le nombre de forages à réaliser, comme indiqué au tableau 4-4, sera de 20 pendant la phase I, de 80 pendant la phase II et de 80 pendant la phase III, à savoir un total de 180 forages. 120 de ces forages seront pourvus de pompes à pied, les 60 restants d'électropompes, sur le total des 180 forages.
- 5) Les techniciens de la Direction de l'Hydraulique participeront aux travaux de réalisation des forages et de construction des installations d'approvisionnement en eau durant les trois ans de la prise en charge par la partie japonaise. Un transfert technologique entrant dans le cadre de la coopération financière non-remboursable du gouvernement du Japon sera effectué vers ces techniciens qui recevront une formation sur le tas pendant laquelle l'accent sera mis sur les techniques de forage.

- 6) Les études ont permis de déterminer que la contamination des eaux dans la région du projet était d'origine humaine. Par conséquent, les emplacements des forages seront éloignés de plus de 50 mètres des toilettes et de plus de 500 mètres des abreuvoirs destinés au bétail. Des barrières seront mises en place afin d'éviter que le bétail ne s'aventure à proximité des forages et de conserver l'hygiène aux alentours des installations d'approvisionnement en eau.
- 7) Des résultats positifs en matière de solution aux problèmes du manque d'eau et de prévention contre les maladies hydriques sont attendus de ce projet de réalisation de 180 forages. Néanmoins, avant la construction des installations d'approvisionnement en eau, il sera nécessaire, afin d'obtenir une réussite complète, que la Direction de l'Hydraulique prévoie une formation sur l'hygiène dans les villages où seront effectués les forages et mette en place un système de gestion et d'entretien des installations d'approvisionnement en eau.
- 8) Les forages qui seront réalisés lors du présent projet seront en béton armé, de type scellé, avec un système de captage des eaux par pompes à pied et électropompes. Ces forages capteront des eaux pures situées dans des nappes souterraines profondes et présenteront par conséquent peu de risques de contamination (Figure 4-5). Ils seront réalisés dans des emplacements fonctionnels pour les habitants des villages afin que ceux-ci cessent d'utiliser les eaux insalubres des puits, des flaques et des marigots. Par conséquent, ce projet contribuera probablement à résoudre activement le problème des maladies hydriques dans les zones rurales.

4-3-3 Situation géographique du projet

Les villages dans lesquels seront réalisés les forages sont répartis sur une très vaste superficie de 100.000 km². La classification des villages par phase du projet et par type de pompe utilisée (pompe à pied ou électropompe) est présentée dans la figure 4-2.

Lors de la phase I, les deux tiers de l'exercice seront employés en tant que préparatifs, notamment pour la construction et l'expédition des équipements. Les forages réalisés pendant cette phase seront donc limités

au nombre de 20, et auront lieu dans 15 villages des préfectures des OUAD NAGA et BOUTILIMIT, à proximité de la ville de BOUTILIMIT où sera installé le camp de base des techniciens japonais.

La phase II du projet pourra mettre à profit l'expérience acquise lors de la phase I et inclura des villages aux eaux souterraines peu profondes ainsi que les villages à proximité des eaux salines situés au nord de la route nationale n°3 parmi les 48 villages des quatre préfectures de BOUTILIMIT, R'KIZ, MEDERDRA et OUAD NAGA situées au centre de la région du projet.

La phase III portera sur 51 villages des cinq préfectures de BOUTILIMIT, R'KIZ, BOGHE, ALEG et BABABE dans les régions à socle rocheux peu profond de l'est et à proximité du fleuve Sénégal au sud-ouest.

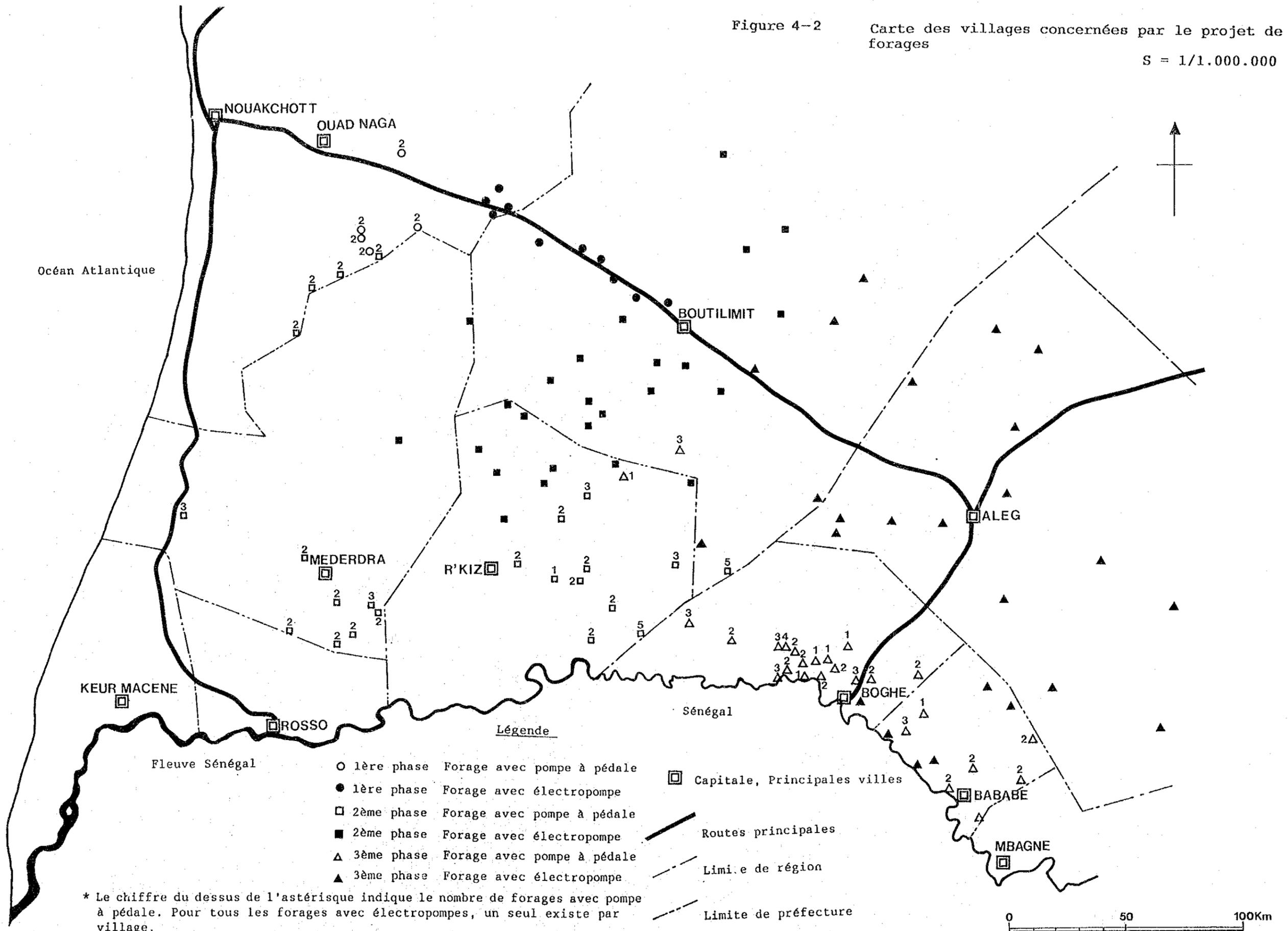
Le projet de réalisation des forages par phase de projet est indiqué dans le tableau 4-8.

L'état des routes ainsi que les possibilités d'accès sont détaillés au paragraphe 3-4-4. Les zones concernées seront accessibles par la route nationale 3 de Boutilimit à Aleg et par la route nationale 2 en direction de Rosso, puis en suivant les traces de pneus le long des oueds.

Figure 4-2

Carte des villages concernés par le projet de forages

S = 1/1.000.000



Océan Atlantique

KEUR MACENE

Fleuve Sénégal

NOUAKCHOTT

OUAD NAGA

MEDERDRA

R'KIZ

BOUTILIMIT

ALEG

ROSSO

Sénégal

BOGHE

BABABÉ

MBAGNE

Légende

- 1ère phase Forage avec pompe à pédale
- 1ère phase Forage avec électropompe
- 2ème phase Forage avec pompe à pédale
- 2ème phase Forage avec électropompe
- △ 3ème phase Forage avec pompe à pédale
- ▲ 3ème phase Forage avec électropompe

□ Capitale, Principales villes

— Routes principales

- - - Limite de région

- - - Limite de préfecture

* Le chiffre du dessus de l'astérisque indique le nombre de forages avec pompe à pédale. Pour tous les forages avec électropompes, un seul existe par village.

0 50 100Km

Tableau 4-8 Forages à réaliser et population bénéficiaire

Région	Préfecture	Forages réalisés	Forage demandés			Forages du projet (): villages						Villages concernés	Pop. Bénéficiaires
			P. pied	E. pompe	Total	Phase I 20		Phase II 80		Phase III 80			
						P. pied	E. pompe	P. pied	E. pompe	P. pied	E. pompe		
TRARZA	Boutilimit	33	8	25	33	0	6(6)	5(1)	14(14)	3(1)	5(5)	27	20.159
	R'kiz	30	25	9	34	0	0	24(10)	9(9)	1(1)	0	20	11.776
	Mederdra	11	18	2	20	0	0	18(8)	2(2)	0	0	10	5.678
	Ouad Naga	13	18	4	22	10(5)	4(4)	8(4)	0	0	0	13	6.824
	Keur Macene	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BRAKNA	Boghe	26	36	1	37	0	0	0	0	36(17)	1(1)	18	11.143
	Aleg	26	0	14	14	0	0	0	0	0	14(14)	14	5.079
	Magta-Lahjar	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Bababe	12	15	5	20	0	0	0	0	15(7)	5(5)	12	16.000
	M'bagne	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	180	120	60	180	10(5)	10(10)	55(23)	25(25)	55(26)	25(25)	114	76.659

Tableau 4-9 Liste des villages de réalisation des forages (1)

Région de TRARZA Préfecture de BOUTILIMIT

No.	Village	Popu.	Niveau eau NS-(m)	Type et nbe. forage		Phase
				Electro-popme	Pompe à pied	
1	BIR EL BARKA	2.395	57	1		II
2	IJANANOUN	870	50	1		III
3	EL AKRICH	626	70	1		III
4	YARE	332	57	1		III
5	ARCHANE	503	63	1		II
6	EL VERRAYLIYA	595	55	1		II
7	REZBARI	717	58 (35)		3	III
8	EL GHAME SUD	1.237	56	1		II
9	N'TEICHETT	1.237	56	1		II
10	TIVIKINE	668	62	1		I
11	EL BIR	600	60	1		II
12	BOULENOIR OULAD TALEBAHMED	571	55	1		II
13	BOULENOIRI (DABLEHSEN)	883	54	1		II
14	N'TOUJEI	595	64	1		II
15	ELB ADRESS	436	60	1		II
16	EL GHOUBA	1.361	35(>40)	1		II
17	IVOUDJARENNE	589	63	1		I
18	NAEME	445	60	1		II
19	BOUTOUMBOUSKIT	1.361	35		5	II
20	EL AGUER	332	57	1		I
21	ZAR	448	62	1		II
22	EN-DOUMRI	711	70	1		I
23	EL EGDA	665	52	1		III
24	BEDER	982	61	1		I
25	LEMBAGAIRA	300	60	1		III
26	EL MOUTEYESSAR-2	350	60	1		I
27	TEYIB	350	60	1		II
Total villages		20.159		25 vil. 25 for	2 vil. 8 for	

Niveau des eaux souterraines entre parenthèses relevé à partir des lignes isobathes.

Tableau 4-9 Liste des villages de réalisation des forages (2)

Région de TRARZA Préfecture de R'kiz

No.	Village	Popu.	Niveau eau NS- (m)	Type et nbe forages		Phase
				Electropompe	Pompe à pied	
1	A. TENHOUMOU	1.086	44	1		II
2	BAREINA	2.380	54	1		II
3	HSEY IDAR	281	15		1	II
4	TIN CHAGUEL	271	50	1		II
5	M. LEMRAYERE	256	58	1		II
6	BIR EL VETH	276	37(>40)	1		II
7	TEDHERERT	409	51	1		II
8	TINGADOUM	384	51	1		II
9	TIZIT	382	38(>40)	1		II
10	JLEIFTY	364	20		2	II
11	LICRAIE	463	18		2	II
12	CHBARIYATT	394	20		2	II
13	EL MEROUK	822	40		3	II
14	EL BEZOUL	460	11		2	II
15	LEGAT	1.329	18		5	II
16	MEYSSIYA	178	22		1	III
17	EL MAHER	535	- (<40)		2	II
18	BOUTELHAYE	807	21		3	II
19	DOUARA	320	30		2	II
20	LEMTEYINE	379	45	1		II
Total 20 villages		11776		9 vil. 9 for.	11 v. 25 for.	

Région de TRARZA Préfecture de MEDERDRA

No.	Village	Popu.	Niveau eau S- (m)	Type et nbe forages		Phase
				Electro-pompe	Pompe à pied	
1	EL GHARS	439	9		2	II
2	BAJLEILAYE	583	30		2	II
3	BOUTAVREWITE	779	30		3	II
4	TEWFIGHE	691	15		3	II
5	LEMSSEIDI	396	24		2	II
6	BOU TEMTAYA	583	39		2	II
7	H. E. BOU MHAMED	430	10		2	II
8	BAGOUEINIT	319	18		2	II
9	BIR SENNED	655	46	1		II
10	DOUCHLIYA	803	46	1		II
Total 10 villages		5.678		2 vil. 2 for.	8 v. 18 for.	

Tableau 4-9 Liste des villages de réalisation des forages (3)

Région de TRARZA Préfecture de OUAD NAGA

No.	Village	Popu.	Niv.eau NS-(m)	Type et nbe forages		Phase
				Electropompe	Pompe à pied	
1	OUM EL GHOURA	500	21		2	I
2	EL MEIMOUNE	650	50	1		I
3	SEBIKHAT	600	35		2	I
4	EL MEDROUM	500	25		2	I
5	LEVREIWA	494	33		2	I
6	TENYACHEL	468	30		2	I
7	AGHWARESS	562	27		2	II
8	ENEGUEM	560	30		2	II
9	EVDIAR ZEBDE	500	26		2	II
10	BOUTECHTAYA	500	50	1		I
11	IJBAWENE	600	50	1		I
12	TGUEILILA	590	30		2	II
13	AWDECH-2	300	20(>40)	1		I
Total 13 villages		6.824		4 vil.4 for.	9 v.18 for.	

Région de BRAKNA Préfecture de BOGHE

No.	Village	Popu.	Niveau eau NS-(m)	Type et nbe. forages		Phase
				Electro-pompe	Pompe à pied	
1	HASSI EL MEKERSRA	689	35		3	III
2	BOUFTAH EL AHEIR	502	35		2	III
3	SAKANDOUGOU DIADIABE	353	20		2	III
4	DAR SALAM OULD SAID	1.100	25		4	III
5	ZEM ZEM	386	30		2	III
6	ABAYE	425	45(<40)		2	III
7	TOUWEIJIRA	210	20		1	III
8	AV-ESFULUM-2	722	20		3	III
9	M'BALLADJI	620	20		3	III
10	MABROUK	212	20		1	III
11	N'DIOROL	496	20		2	III
12	SARANDOUGOU BABABE	167	20		1	III
13	ARI HARA	431	55(<40)		2	III
14	N'GOROL GUIDALA	880	20		3	III
15	THIDE	2.750	20	1		III
16	GOUREL BOUBOU	300	25		1	III
17	N'GOREL	400	25		2	III
18	ROUEIUMDI	500	25		2	III
Total 18 villages		41.143		1 vil.1 for	17 v. 36 for	

Tableau 4-9 Liste des villages de réalisation des forages (4)

Région de BRAKNA Préfecture d'Aleg

No.	Village	Popu.	Niveau eau NS- (m)	Type et nbe forages		Phase
				Electropompe	Pompe à pied	
1	AGONEIDA	460	70	1		III
2	DOUARAT EHEL CHEIKH ABA	427	55	1		III
3	M'NEITIVE	351	50	1		III
4	BIR EL BARKA LEWEL	792	42	1		III
5	JELWAR	200	36(>40)	1		III
6	M'BIDAN-RGOUGA	454	52	1		III
7	KEWEL	255	50	1		III
8	CARREFOUR (ALEG)	370	50	1		III
9	MARKEZ	265	50	1		III
10	TACHTT EL GHOUNI	222	50	1		III
11	JEKH AWDACH	245	50	1		III
12	EDNECH	418	30(>40)	1		III
13	GHOUEIRGA	418	58	1		III
14	MOUFTAI EL KHEIR	202	30(>40)	1		III
Total 14 villages		5.079		14 v. 14 for	0	

Région de BRAKNA Préfecture de BABABE

No.	Village	Popu.	Niveau eau NS- (m)	Type et nbe forages		Phase
				Electropompe	Pompe à pied	
1	HAIRE M'BAR	2.000	25	1		III
2	EL VERA-1	400	25		2	III
3	WOTHI	2.700	30	1		III
4	ABDALLAH DIERI	700	25		3	III
5	SABOU ALLAH	2.040	30	1		III
6	ABARI	450	25		2	III
7	MBOUNDOU M.MOUSSA	295	26		1	III
8	BALAO	4.140	40	1		III
9	MEDINE	690	30		3	III
10	LEMRAIGAA	600	50(<40)		2	III
11	BIR OULAD NAGMACHE	480	15		2	III
12	TADIOKEL	1.705	50	1		III
Total 12 villages		16.000		5 vil. 5 for.	7 v. 15 for.	