

Figure 3.4-5 Courbes de niveau des eaux souterraines de Kiffa
— septembre 1997 (saison des pluies)

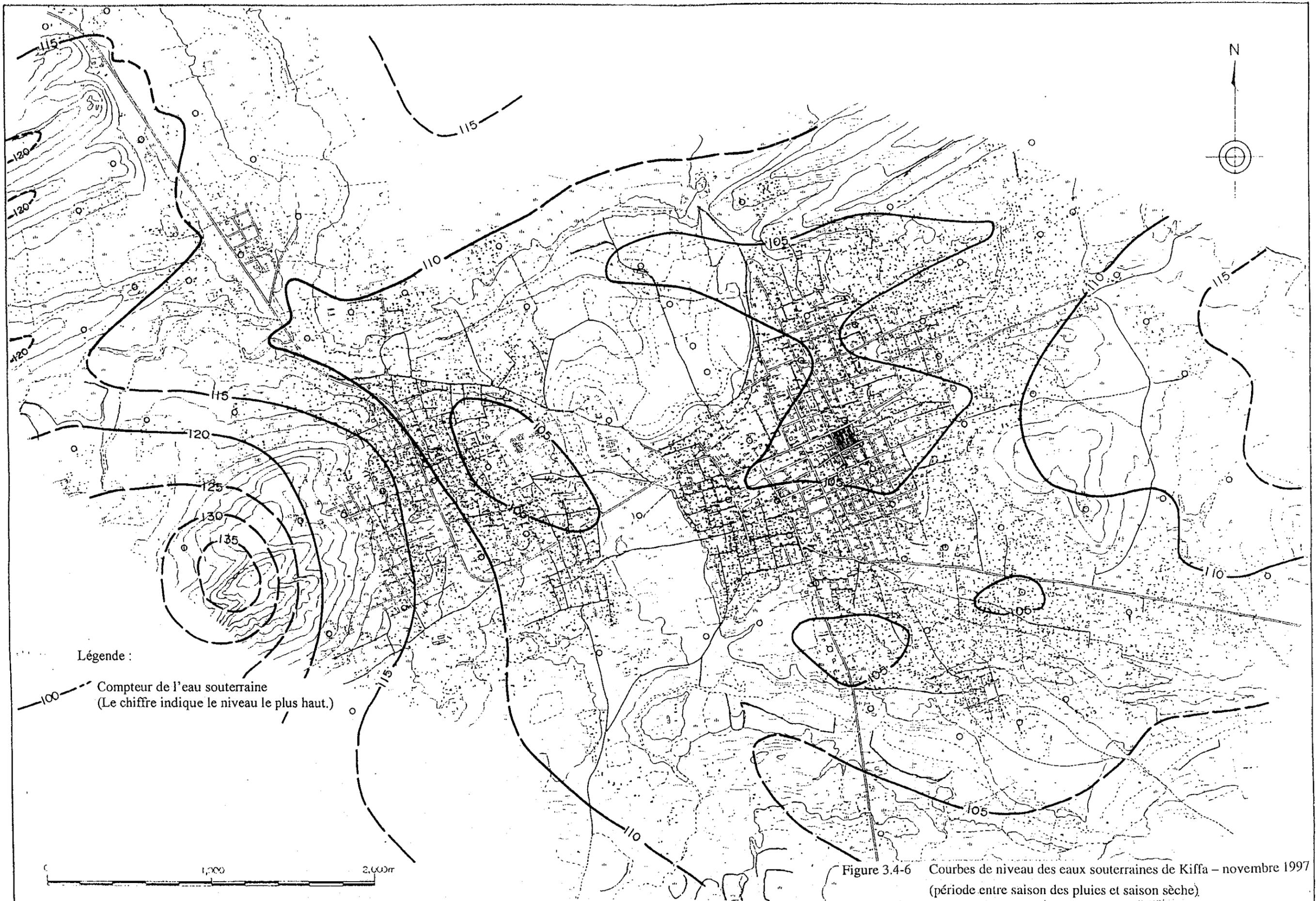
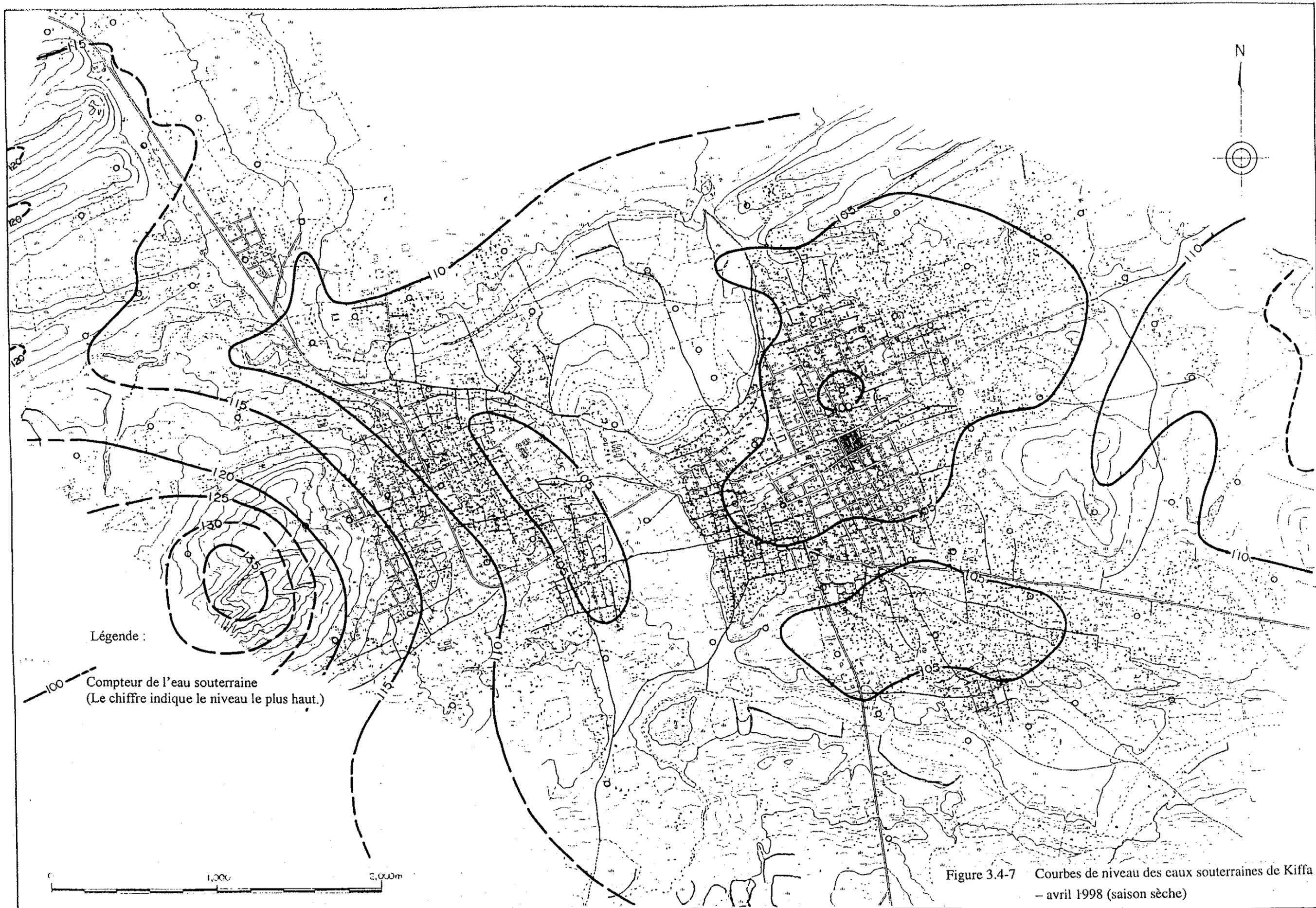
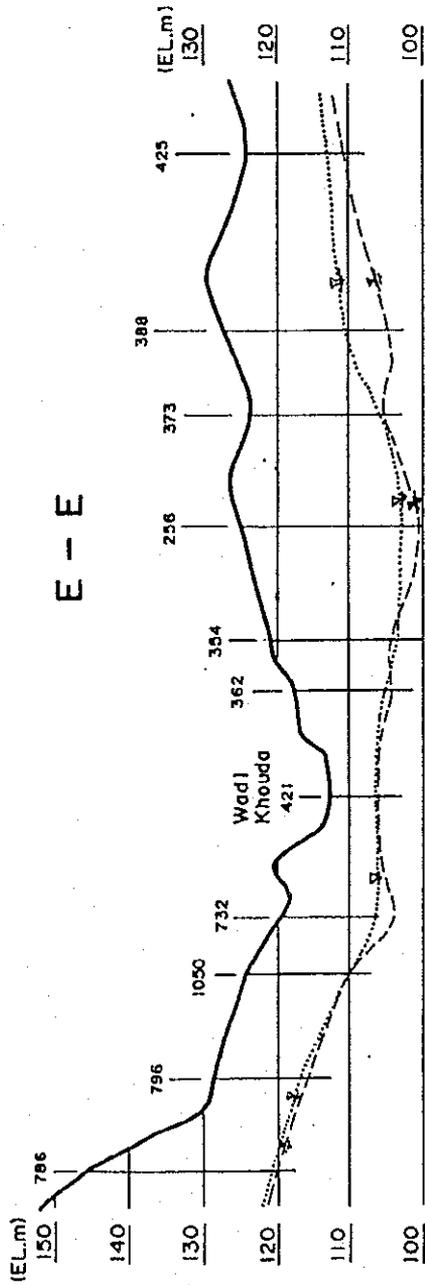


Figure 3.4-6 Courbes de niveau des eaux souterraines de Kiffa – novembre 1997 (période entre saison des pluies et saison sèche)





Légende

Niveau piézométrique pendant la saison des pluies (juillet 1997)

Niveau piézométrique pendant la saison sèche (avril 1998)

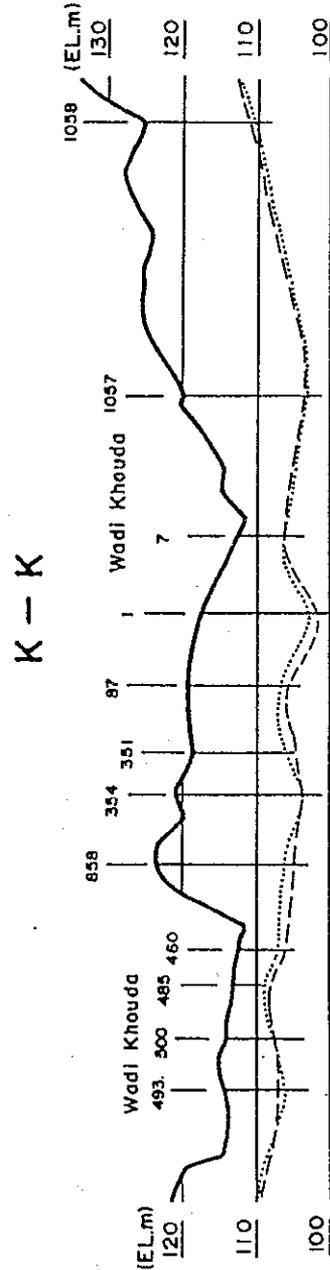
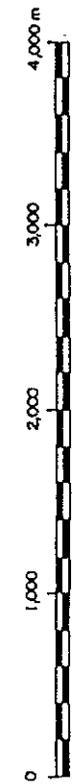
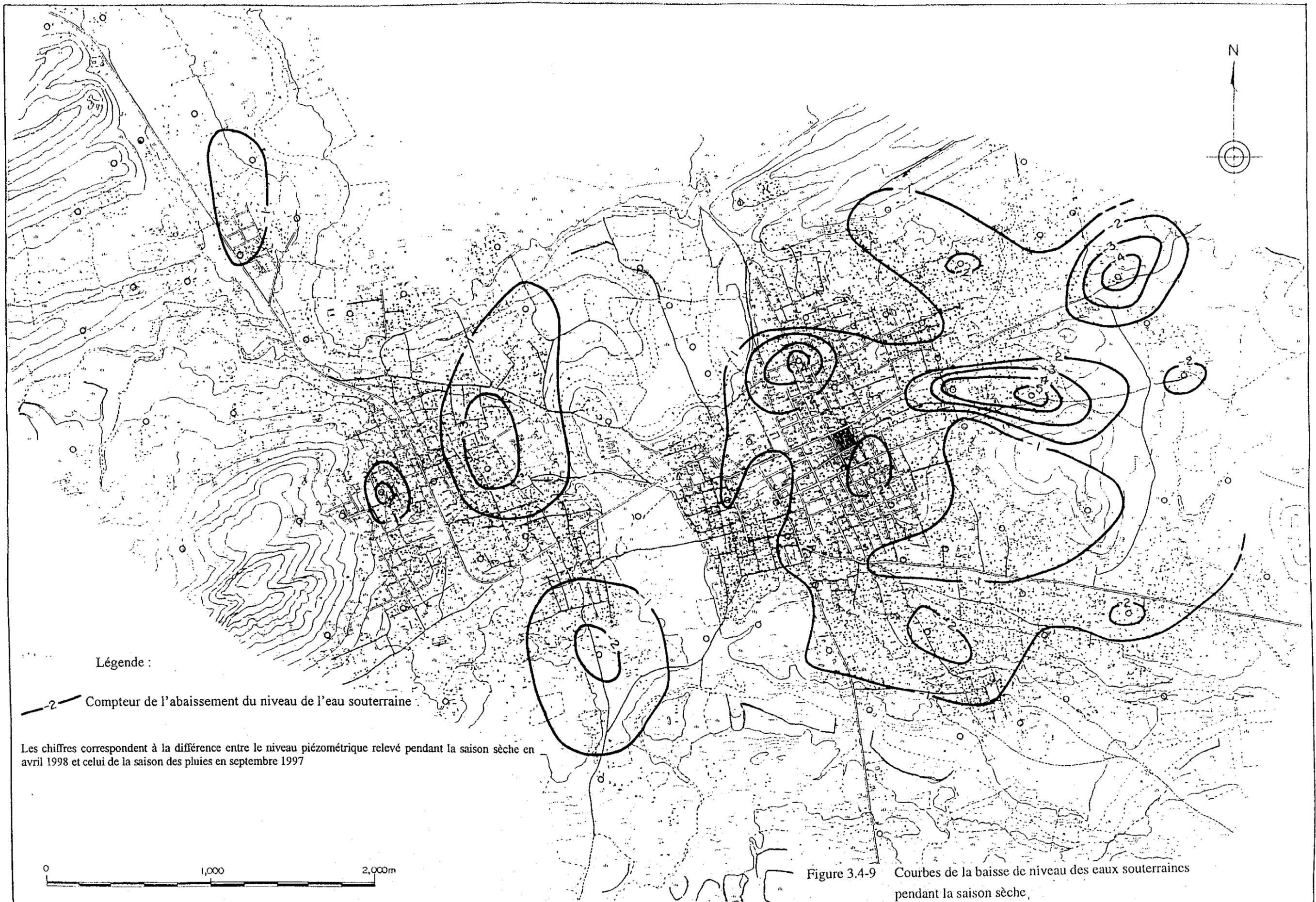


Figure 3.4-8



Vue en coupe du niveau des eaux souterraines entre saison des pluies et saison sèche



3.4.2 Conditions Hydrogéologiques dans la Zone Prévues pour l'Exploitation des Eaux Souterraines

(1) Aperçu

Il y a grosso modo trois formations aquifères aux environs de Kiffa.

- les couches de sable quaternaires
- les aquifères de pélite de la série Kiffa
- les aquifères des grès d'Ayoum

Parmi ces couches, celle de grès d'Ayoum affleure à partir de 40 km à l'Est de Kiffa. Au cours du projet du PNUD (1974), un forage de reconnaissance de 246 m a été effectué dans la ville de Kiffa pour vérifier la présence d'une nappe aquifère profonde dans la formation de grès d'Ayoum. Mais ce forage qui a dû être arrêté par les tillites, et n'ont pas réussi à atteindre les grès d'Ayoum. Les aquifères des grès d'Ayoum ne peuvent donc pas être incluses avec la zone d'exploitation des eaux souterraines au Nord-Ouest de Kiffa et les aquifères des puits existants dans Kiffa, qui ont été vérifiées au cours des forages de reconnaissance effectués et par les caractéristiques hydrogéologiques de la présente étude.

La Figure 3.4-10 indique la carte hydrogéologique de la zone d'exploitation des eaux souterraines et la Figure 3.4-11 sa section. A partir de l'Est sont exposées dans l'ordre des tillites, des dolomites-calcaires et des jaspes-pélites, sur un pendage très léger en allant vers l'Ouest. Ces couches sont largement recouvertes par des dunes (fixes, mobiles).

(2) Conditions hydrogéologiques dans la Ville de Kiffa

1) Couches de sable quaternaires

Il y a des couches aquifères dans les sables des dunes et des autres dans les alluvions. Comme les précipitations sont faibles, celle dans les dunes n'est pas exploitable. La nappe dans les alluvions a un bon recharge d'eau: un étang se forme de manière discontinue à Wadi Khouda. Beaucoup de puits de 2 à 6 m de profondeur sont creusés à la main dans les alluvions de Wadi Khouda dans la ville de Kiffa pendant la saison sèche; cette eau est utilisée, mais comme elle est peu transparente à cause de sa forte teneur en vase, le débit n'est pas important, le limon la rendant turbide.

2) Aquifères de pélite

Presque tous les puits de la ville de Kiffa puisent dans les aquifères de pélite, dans les eaux souterraines peu profondes de la couche altérée de pélite. La pélite est en général imperméable, mais jusqu'à la profondeur où elle est altérée, il y a généralement beaucoup de fentes, et une nappe aquifère est formée. L'épaisseur de la couche altérée de pélite sera de 10 - 20 m, comme indiquée à (2) Prospection physique dans le rapport de soutien. Les débits sont faibles: de quelques centaines de litres à quelques m³ par jour. Mais 26 m³/jour sont puisés au puits devant la Base de l'Hydraulique (n°1) et environ 180 m³/jour au puits pour les camions citernes en eau de la commune de Kiffa; la couche est très perméable aux endroits où les roches sont bien fracturées. Les niveaux d'eau sont généralement entre 10 et 20 m de profondeur. Pendant la saison sèche, le niveau d'eau de ces puits baisse, au point de tarir, ce qui cause des problèmes d'alimentation en eau à Kiffa.

(3) Conditions hydrogéologiques dans la Zone Source d'eau du Nord-Ouest de Kiffa

Les 22 forages de reconnaissance, d'une longueur totale de 1.321,5 m réalisés au cours de cette étude ont permis de constater que la stratification des couches dans la zone Nord-Ouest de Kiffa se compose principalement depuis le bas de tillites, de roches de vase sableuses (partie où les graviers sont moins nombreuses dans les tillites?), de dolomites-calcaires, de pélites et de jaspes. Veuillez consulter S-1 Etude des forages de reconnaissance dans le rapport de soutien pour les détails de ces forages.

Les tillites se trouvent très largement en profondeur, mais le débit est limité à cause de principaux composants vaseux et de faibles fissures. De plus, les eaux souterraines dans les tillites ont une salinité élevée ce qui les rend inadaptées à la boisson. On pense que des grès du Dar Taleb se trouvent au dessous des tillites, mais ils n'ont pas pu être confirmés avec le forage de 136 m effectués cette fois-ci.

D'après les forages de reconnaissance réalisés au cours de cette étude, les formations de la série de Kiffa se composent de jaspes (cherts), de pélites (schisteuses, roches de boue, roches de vase) et de dolomites-calcaires. Les pélites sont souvent siliceuses ou calcaires. Les couches de jaspe très dures résistent bien à l'altération, et sont souvent exposées en surface, mais leur épaisseur n'est que de 2 à 6 m. Les dolomites calcaires sont généralement de bonnes aquifères, mais son épaisseur n'est que de 2 à 10 m dans cette région.

Les pélites peuvent être de bonnes aquifères aux nombreux endroits où elles sont

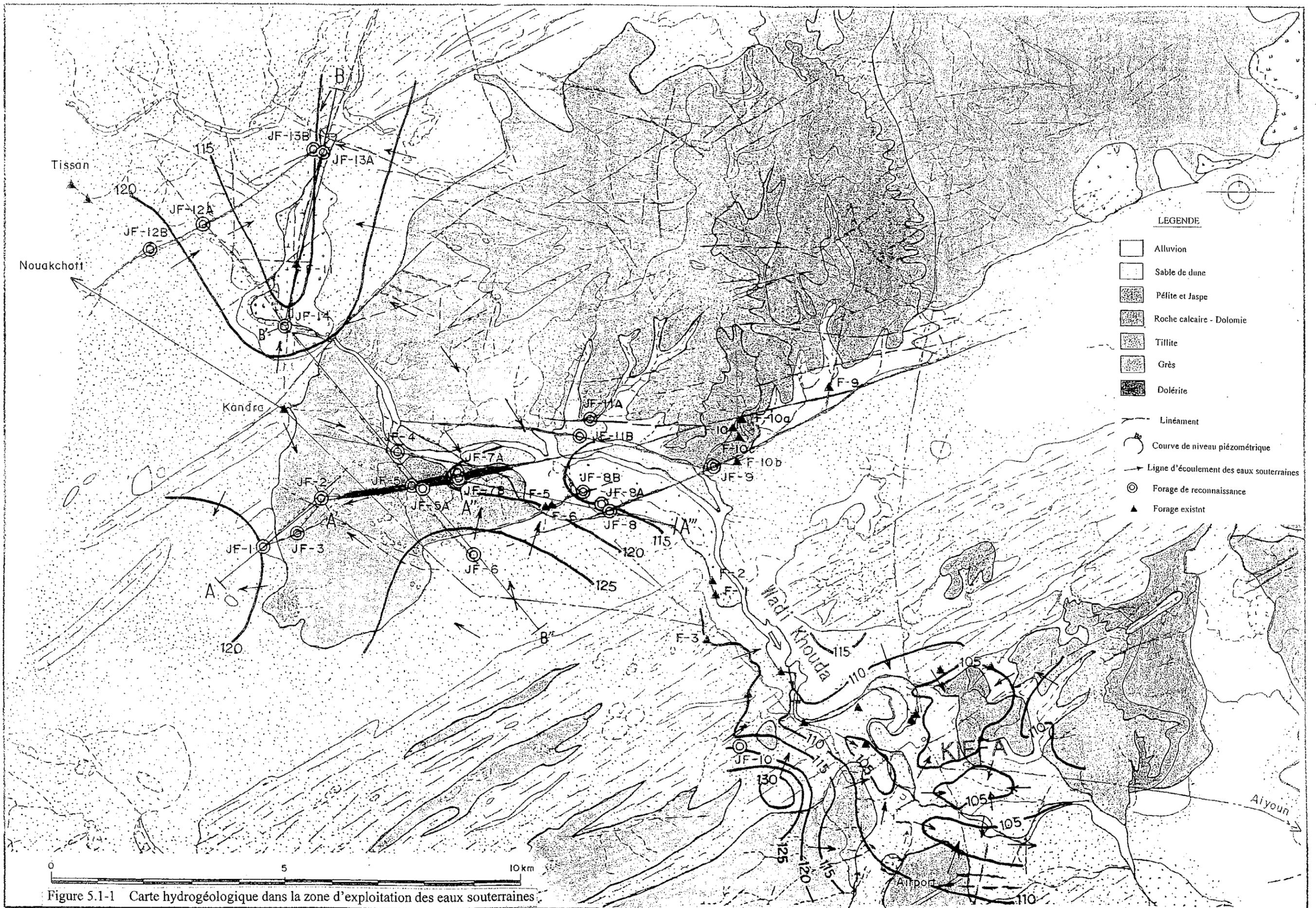
fracturées, par exemple dans les zones de fracture. Plusieurs forages à débit important comme les forage de reconnaissance JF-7B (18 m²/h), JF-13A (30 m³/h) et JF-5 de la SONELEC (75 m³/h) ont pu être réalisés. Les aquifères de pélites peu perméables et à débit d'eau faible ont souvent une eau à forte teneur en sel. Mais si le débit est important, la réserve d'eau est importante, et il est très possible que l'eau soit douce. Les forages JF-5 et JF-7 qui se trouvent sur le même linéament touchent un filon rocheux de dolérite. Ces dolérites elles-mêmes sont peu perméables, mais elles broient les pélites aux environs par intrusion dans la faille, et forment ainsi une bonne aquifère.

s

Le tableau suivant résume les résultats des forages de reconnaissance réalisés cette fois-ci. Veuillez consulter 3-5 Evaluation du Volume de Recharge des Eaux Souterraines pour l'emplacement de ces forages.

Tableau 3.4-1 Résultats des Forages de Reconnaissance

Forage	Profondeur (m)	Débit (m ³ /h)	Niveau d'eau (b.g.l)	Conductivité électrique (µs/cm)	Aquifère
JF-1	136	Très faible	7.09	5,730	Partie fracturée des pélites, tillites
JF-2	58	11 (essai de pompage)	14.29	1,077	Partie fracturée des pélites
JF-3	68	3.4 (élévation d'air)	12.12	717	Partie fracturée des pélites
JF-4	68	2.2 (élévation d'air)	6.70	990 (26m) 2,560 (56m)	Partie fracturée des pélites Tillites
JF-5	122	0.4 (élévation d'air)	13.13	1,060	Partie altérée des dolérites à grains grossiers (pénétration dans faille)
JF-5A	62	5 (essai de pompage)	13.56	816	Partie fracturée des pélites
JF-6	74	Très faible	21.11	611	Pélites
JF-7	44	24 (élévation d'air)	7.55	1,260	Partie fracturée des pélites (abandon en raison d'un éboulement du forage)
JF-7A	58	3 (essai de pompage)	7.60	1,180	Partie altérée et partie fracturée des dolérites à grains grossiers
JF-7B	46	18 (essai de pompage)	7.69	1,421	Partie fracturée des pélites
JF-8	74	4.2 (élévation d'air)	16.65	1,360 (32m) 3,300 (68m)	Partie fracturée des pélites, tillites
JF-8A	36.5	Très faible	-	2,110	Pélites altérées
JF-8B	41	Très faible	8.85	1,405	Pélites altérées
JF-9	50	2.0 (élévation d'air)	-	2,840	Tillites et grès
JF-10	56	1.0 (élévation d'air)	5.80	851	Pélites
JF-11A	44	Très faible	14.44	2,160	Pélites altérées, tillites
JF-11B	56	(7)	10.28	(800)	Partie fracturée des pélites
JF-12A	50	0.5 (élévation d'air)	11.36	531	Pélites
JF-12B	38	1.5 (élévation d'air)	10.88	450	Pélites
JF-13A	58	30 (essai de pompage)	4.14	654	Partie fracturée des pélites
JF-13B	32	1.5 (élévation d'air)	8.05	7,350	Pélites
JF-14	50	0.5 (élévation d'air)	6.18	3,000	Pélites



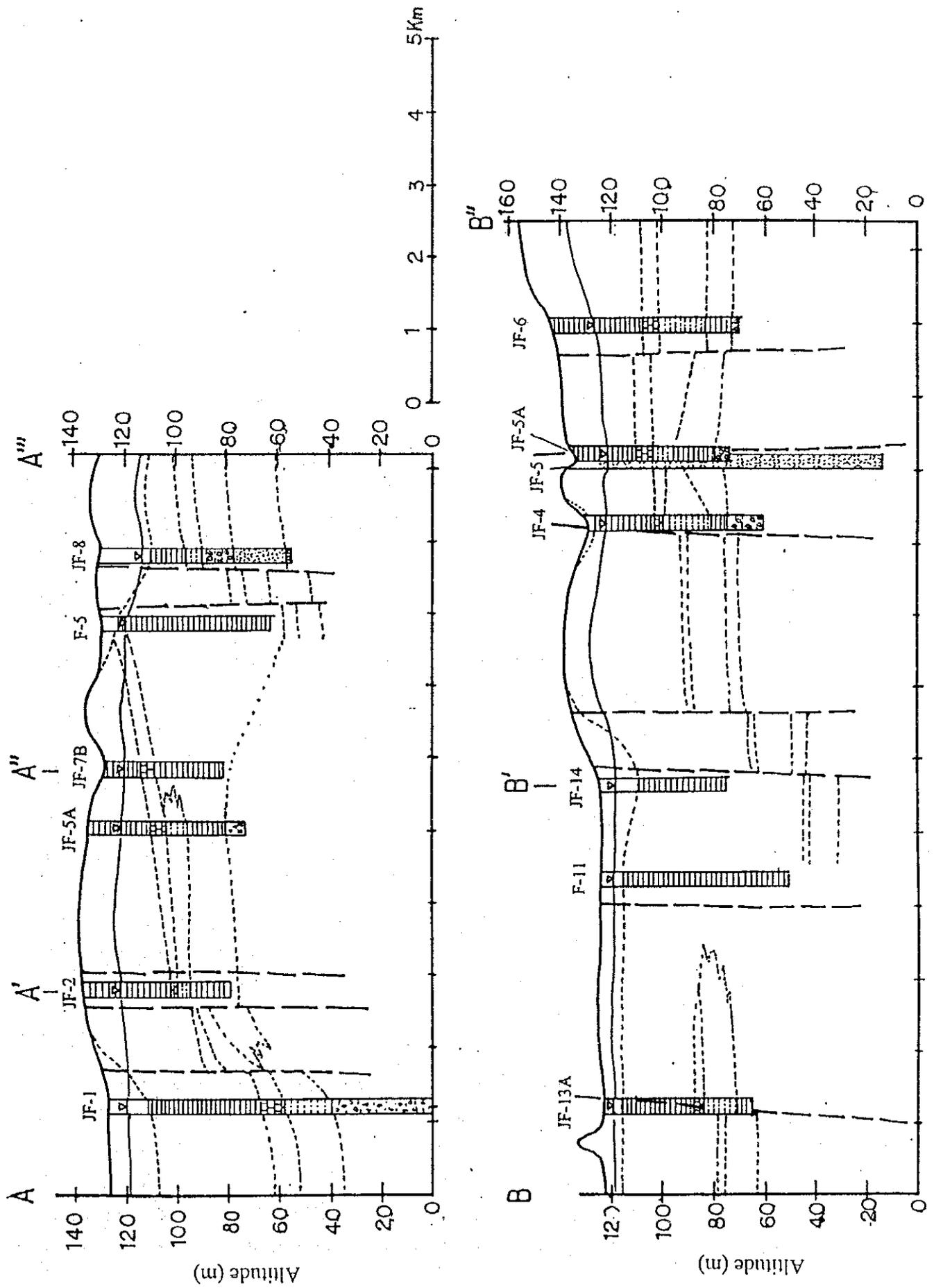


Figure 3.4-11 Coupe hydrogéologique dans la zone d'exploitation des eaux souterraines

3.5 Evaluation du Volume de Recharge des Eaux Souterraines

3.5.1 Volume de Développement Possible des Eaux Souterraines peu Profondes de la Ville

(1) Méthode de Calcul du Volume de Recharge des Eaux Souterraines

Les méthodes indiquées ci-après sont généralement utilisées afin de calculer le volume de recharge des eaux souterraines libres pour la ville de Kiffa.

- i. selon l'analyse hydrologique, sont tout d'abord calculés les précipitations, le volume d'écoulement des eaux de surface et le volume d'évaporation dont les valeurs sont utilisées indirectement pour calculer le volume de recharge des eaux souterraines par les eaux de pluie dans la région.
- ii. dans l'analyse du volume d'infiltration des eaux souterraines, lorsque les constantes hydrodynamiques (coefficient de filtration, épaisseur de la nappe) de l'aquifère, la forme du niveau de nappe aquifère et les conditions des délimitations (délimitations déterminées du niveau d'eau ou délimitations déterminées du volume d'écoulement) sont déjà connues, on procède à l'analyse du débit d'infiltration des eaux souterraines et il est possible de calculer en retour, lors de ce procédé, le volume de recharge des eaux de la région.
- iii. calcul du volume d'écoulement des eaux souterraines de la région à partir du pourcentage de baisse du niveau piézométrique pendant la saison sans précipitations, ce volume d'écoulement correspondant au volume de recharge.
- iv. à partir de la différence de niveau d'eau pendant la saison des pluies et la saison sèche et de la porosité utile des aquifères, calcul de l'augmentation du captage des eaux souterraines en fonction de l'infiltration des pluies dans la région, correspondant au volume de recharge.

Pour ce qui est de la méthode i., étant donné que les eaux souterraines et les eaux de surface sont considérées comme faisant partie d'un seul et même système circulatoire, elle convient pour le calcul du volume de recharge des eaux souterraines dans des régions très étendues. Elle n'est possible que si les résultats d'observation sur les précipitations ou le débit des fleuves sont disponibles. Toutefois, si la ville de Kiffa possède des données sur les volumes de précipitations et d'évaporation, aucun relevé du débit des oueds n'a été effectué

et cette méthode ne peut par conséquent être utilisée.

Pour la méthode ii., elle permet de calculer avec précision le volume de recharge pour des régions disposant de données détaillées sur les conditions hydrogéologiques: coefficients de filtration, courbes de niveau des eaux souterraines, caractéristiques des variations du niveau piézométrique, etc., et convient pour des régions relativement peu étendues. Toutefois, les conditions hydrogéologiques détaillées telles que le coefficient de filtration des aquifères, de la ville de Kiffa ne sont pas connues et cette méthode ne peut être appliquée.

La méthode iii. est utilisée pour calculer le volume d'écoulement des eaux souterraines (volume de recharge) lorsque le volume d'écoulement des eaux d'un bassin est pratiquement fixe et peut être considéré comme égal au volume de recharge, en utilisant le pourcentage de baisse du niveau d'eau dans le cas où les précipitations n'ont aucune influence sur ce niveau, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a pas de précipitations. Toutefois, comme mentionné précédemment, une baisse du niveau piézométrique a été constatée sur une vaste étendue comprenant la zone de l'étude et la totalité des puits observés, à l'exception du forage 126 (F-5), sont utilisés quotidiennement, leur baisse de niveau étant due au pompage. Pour ce faire, les variations de niveau d'eau sont très importantes selon les puits observés et les données manquant de précision, cette méthode ne peut être appliquée ici.

Pour la méthode iv., elle présuppose que les eaux souterraines infiltrées soient restées pratiquement au niveau actuel et elle permet de calculer le volume de recharge à partir du volume d'augmentation du niveau d'eau. Cette méthode est généralement la plus pratique mais elle n'est pas applicable non plus, étant donné que les eaux d'infiltration s'écoulent latéralement dans le cas d'aquifères très perméables (couche sableuse, par exemple). L'aquifère de la zone de l'étude est situé dans la partie altérée de la couche de surface du socle et, vu que lors du pompage, le niveau d'eau des puits baisse de plusieurs mètres, le coefficient de filtration est supposé être extrêmement plus petit que dans le cas d'une couche sableuse. Par ailleurs, comme l'indiquent les coupes du niveau piézométrique, les différences du niveau piézométrique pendant la saison des pluies et la saison sèche sur l'ensemble de la région de Kiffa, à l'exception de la région où s'est formée une zone de baisse du niveau des eaux souterraines en raison d'un excès de pompage, sont pratiquement identiques. En fonction de ce qui précède, on peut supposer que les eaux souterraines

rechargées pendant la saison des pluies ne s'écoulent presque pas latéralement et restent sur place. En raison de cela, le volume de recharge des eaux souterraines de la ville de Kiffa a été calculé à partir de la différence des niveaux piézométriques pendant la saison des pluies et pendant la saison sèche.

Toutefois, cette méthode est généralement utilisée pour le calcul du volume de recharge dans les régions ne disposant que d'un petit nombre de données hydrogéologiques et ne permettra pas, pendant l'exploitation future des eaux souterraines, de procéder à des prévisions quantitatives quant aux baisses de niveau d'eau par région, par exemple.

(2) Estimation du Volume de Recharge des Eaux Souterraines de la ville de Kiffa

La baisse du niveau piézométrique de la saison des pluies à la saison sèche pour la ville de Kiffa est présentée sur la carte type ci-dessous.

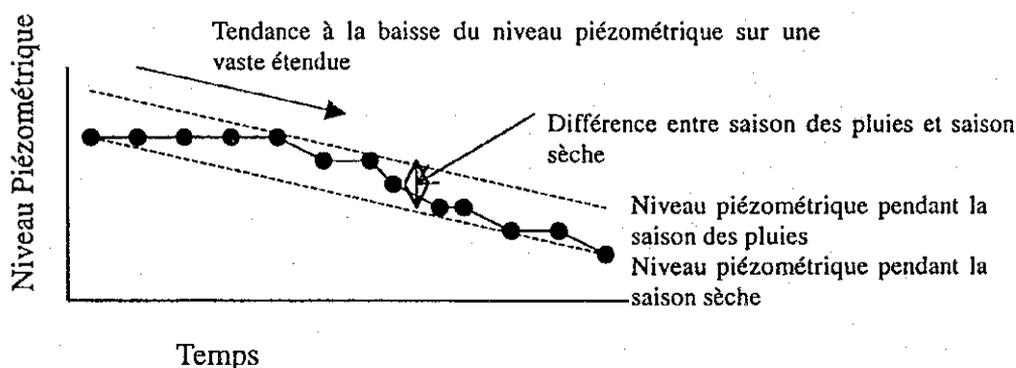


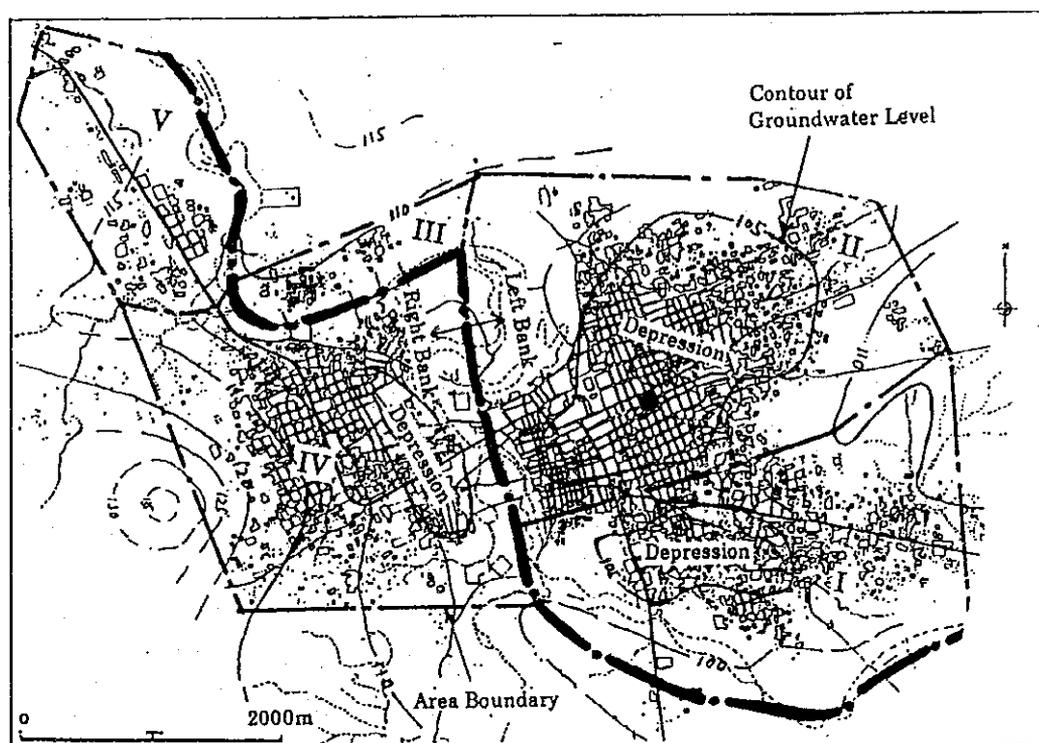
Figure 3.5-1 Carte-Type des Différences de Niveau Piézométrique

Comme le montrent la Figure 3.4-8 du paragraphe 3.4.1 "Vue en coupe du niveau piézométrique pendant la saison sèche et la saison des pluies" et 3.4-9 "Courbes de la baisse de niveau piézométrique pendant la saison sèche" du chapitre 1.3, les résultats de l'observation simultanée du niveau piézométrique ont montré que la différence de niveau était de moins d'un mètre, à l'exception des emplacements où la baisse de niveau était due à un excès de pompage. D'après les résultats de l'observation simultanée, la valeur moyenne pour cette différence est d'environ 70 cm.

L'aquifère de la ville de Kiffa correspond à la couche altérée de surface du socle (pélite)

dans lequel se sont produites des fissures, la porosité de la partie altérée du socle étant généralement comprise entre 1% et 3% environ.

Selon les conditions énoncées précédemment et comme le montre la carte ci-dessous, on peut diviser la ville de Kiffa, en prenant pour ligne de séparation la vallée des eaux souterraines le long de l'oued, en région de la rive droite et région de la rive gauche. La région de la rive droite peut être subdivisée en deux zones, celles de la ville et celle des alentours, et la rive gauche en trois zones: deux zones de dépression (baisse de niveau des eaux souterraines) et une zone alentour, pour un total de 5 zones, dans lesquelles le volume de recharge a été supposé être comme suit.



Rive gauche		Superficie (km ²)	Rive droite		Superficie (km ²)
I	Partie sud de la ville	6.0	IV	Centre-ville	5.8
II	Partie nord de la ville	6.7	V	Zone alentour	2.2
III	Zone alentour	0.4			
Total		13.1	Total		8.0

Figure 3.5-2 Répartition des Zones pour le Calcul du Volume de Recharge des Eaux Souterraines de Kiffa

Comme mentionné ci-dessus, la différence de niveau piézométrique pendant la saison sèche et la saison des pluies est d'environ 70 cm et, avec une porosité utile de l'aquifère de 2%, le volume de recharge des eaux souterraines de la ville de Kiffa peut être calculé comme suit.

Tableau 3.5-1 Volume de Recharge Supposé des Eaux Souterraines de Kiffa

Division		Volume de recharge supposé (m ³ /an)	Quartier
Rive gauche	I	8,400	Entou, Kweindy, Siyassa, Nezaha, Arafat, Toueimir, Taiba
	II	94,000	Khadima, Jedida, Toueimir, Temicha, Qlig, Seif Cherif, Gomez, Admi. Dist., Aleg
	III	6,000	Boulenwar
	Total	184,000	--
Rive droite	IV	81,000	ElHanger, Edebaye, Segatar I, Segatar II, Kebata, M:sseigila
	V	31,000	Belementar East, Belementar West
	Total	112,000	--
Total		296,000	--

(3) Bilan Hydrologique de la Ville de Kiffa

Le Wadi Khouda qui traverse la ville de Kiffa n'a pas d'écoulement en surface et une partie des pluies tombant sur ses deux rives s'infiltré dans le sol alors que la majeure partie restante s'évapore. Dans le cas de fortes précipitations, l'oued présente un écoulement dans certains endroits mais les eaux de pluie ne s'écoulent pas dans son lit et forment de petites flaques d'eau ou de petites mares irrégulières le long de son cours qui finissent par s'évaporer. Une partie des précipitations s'infiltré dans le sol et se transforme en eau souterraine mais, comme indiqué plus loin, le développement des eaux souterraines étant nettement supérieur au volume d'eau infiltrée, les eaux souterraines rechargées ne sortent pas de la ville de Kiffa et s'évaporent dans la ville sous forme d'eaux usées. Les eaux de pluies de Kiffa finissent donc par s'évaporer dans leur totalité dans la ville.

Sur la base des variations du niveau des eaux souterraines observées entre avril 1997 et juin 1998, le volume de recharge des eaux souterraines de la ville de Kiffa, à savoir le volume d'infiltration souterraine des eaux de pluies, est supposé être égal à environ 300.000 m³/an. Les précipitations annuelles de Kiffa pour l'année 1997 étaient de 150 mm et si l'on considère que la superficie de Kiffa est égale à 21,1 km² (par rapport à la carte de division

pour le calcul du volume de recharge des eaux souterraines), les précipitations annuelles pour l'an dernier se montent à 3.165.000 m³. Par conséquent, une valeur d'environ 10% a été obtenue pour le pourcentage d'infiltration souterraine des eaux de pluie, la plupart des 90% restants s'évaporant sur place, dans les flaques ou les mares le long de l'oued.

(4) Estimation du Volume de Développement Possible des Eaux Souterraines de la Ville de Kiffa

D'après les résultats de l'étude socio-économique, la ville de Kiffa compte actuellement une population d'environ 60.000 habitants, consommant approximativement 15 litres d'eau par jour et par personne. L'eau potable de la ville de Kiffa est, dans sa totalité, captée à partir des eaux souterraines, le volume de pompage de ces eaux étant d'environ 330.000 m³/an.

Comme indiqué dans le tableau précédent, le volume de recharge des eaux souterraines est supposé se monter à 300.000 m³/an environ et le volume de pompage actuel dépasse déjà d'approximativement de 10% le volume de recharge. Les résultats de l'observation du niveau piézométrique ont permis de relever trois emplacements de la ville de Kiffa dans lesquels la baisse du niveau piézométrique était due à un excès de pompage et la totalité des eaux souterraines de Kiffa sont absorbées par ces dépressions sans s'écouler en aval de la région. Ceci fait également supposer que le volume de pompage est supérieur au volume de recharge. Par ailleurs, sur les 89 puits existants de la ville de Kiffa - dont l'observation simultanée du niveau d'eau avait été effectuée au mois d'avril 1998 (pendant la saison sèche) - alors que la totalité des puits observés était utilisée au mois de novembre 1997 (période entre saison sèche et saison des pluies), 15 puits étaient totalement asséchés pendant la saison sèche, et pour 26 d'entre eux le pompage était impossible à effectuer en raison du faible niveau d'eau. Par conséquent, pendant la saison sèche, 41 des 89 puits sont inutilisables en raison de la baisse de leur niveau d'eau, ce qui correspond à un pourcentage de 46% par rapport à l'ensemble. On peut donc considérer que le volume de pompage actuel des eaux souterraines de la ville de Kiffa est excessif.

Le nombre de puits se trouvant dans les régions de dépression du niveau des eaux souterraines est de 232 dans l'ancienne ville de la rive gauche, de 67 dans la région sud de la rive gauche et de 23 dans la région de Sagatar I sur la rive droite, ce qui permet de faire supposer que l'excès de pompage a lieu en majorité dans l'ancienne ville de la rive gauche.

En ce qui concerne la zone de dépression du niveau des eaux souterraines de cette ancienne ville de la rive gauche, et en fonction des tendances de baisse de niveau dans les puits observés présentées sur la Figure 1.3-5 du chapitre 1.3, l'excès de pompage peut se calculer de la manière suivante:

$$ED = D \times A \times P = 36.000 \text{ m}^3/\text{an}$$

dans laquelle,

ED = volume de pompage en excès calculé dans la zone de dépression du niveau des eaux souterraines de l'ancienne ville de la rive gauche (m^3/an)

D: Pourcentage de baisse du niveau des eaux souterraines (m/an)

Le pourcentage moyen de baisse du niveau des eaux souterraines dans la zone de dépression de l'ancienne ville de la rive gauche, déterminé à partir de la carte de baisse du niveau piézométrique des puits observés et de coupes de niveau piézométrique, est égal à 1,5 m.

A: Superficie de la zone de dépression du niveau des eaux souterraines

La superficie de la zone de dépression du niveau des eaux souterraines dans l'ancienne ville de la rive gauche en novembre 1997 (période intermédiaire) est de $1.200.000 \text{ m}^2$.

P: La porosité utile des aquifères est de 2%.

Comme indiqué précédemment et en fonction des tendances de la baisse du niveau piézométrique, le volume de pompage excédentaire calculé dans la zone de dépression du niveau des eaux souterraines de l'ancienne ville de la rive gauche est d'environ $36.000 \text{ m}^3/\text{an}$, ce qui correspond grosso modo au volume de pompage excédentaire (environ $30.000 \text{ m}^3/\text{an}$), calculé à partir de la différence entre le volume de recharge - déduit en fonction de la différence de niveau pendant les saisons des pluies et sèche - et le volume de pompage actuel, calculé à partir de la population et de l'utilisation de l'eau par habitant.

On peut par conséquent considérer comme certain le fait que le pompage des eaux souterraines est supérieur au volume de recharge pour la ville de Kiffa et si les eaux souterraines continuent à être exploitées telles quelles, sans qu'aucune mesure ne soit prise, les ressources en eaux souterraines risquent fort de se tarir à l'avenir.

En ce qui concerne le volume de pompage approprié, l'aquifère de la ville de Kiffa se

trouve dans une couche altérée du socle ayant une relativement faible perméabilité - ce qui entraîne une baisse de niveau d'eau importante dans les puits et une médiocre capacité de pompage - et généralement, pour ce type d'aquifère, le volume de développement maximum correspond approximativement à 80% du volume de recharge. Un développement supérieur à ce chiffre risque par conséquent de provoquer des baisses de niveau d'eau locales très importantes en raison de l'interaction entre les puits.

Toutefois, comme l'indique la Figure 3.4-3, la tendance à long terme des précipitations semble montrer qu'on est entrés dans une phase de sécheresse, et si dans l'avenir les précipitations augmentent, il est possible que le volume de recharge des eaux souterraines augmente aussi en conséquence. Mais il ne s'agit que d'une tendance, et il est impossible de prévoir quand et dans quelles proportions les précipitations vont augmenter dans l'avenir. Par conséquent, il faut calculer le volume de recharge à partir des caractéristiques de variation des eaux souterraines et des précipitations actuelles.

Afin de pouvoir utiliser en continu les eaux souterraines de la ville de Kiffa, il est nécessaire que le volume de développement soit inférieur au volume de recharge des eaux souterraines et la valeur-plafond de ce développement peut être déterminée à 80% du volume de recharge. Par conséquent, le volume maximum de développement des eaux souterraines de la ville de Kiffa a été calculé à 240.000 m³ environ annuellement, le volume actuel de pompage dans la ville (environ 330.000 m³/an) excédant le volume de pompage souhaitable d'approximativement 90.000 m³/an environ.

Par ailleurs, au cas où une adduction d'eau d'environ 2.000 m³ par jour et de 730.000 m³ annuelle est effectuée de la région nord-ouest jusqu'à Kiffa, un volume d'environ 73.000 m³/an, c'est-à-dire environ 10% du total, s'infiltrera dans le sol et un volume d'eau correspondant approximativement à la diminution de volume indiquée précédemment servira de recharge. Pour ce faire, au cas où les travaux d'adduction d'eau vers la ville de Kiffa sont entrepris, le problème de l'excès de pompage, en dehors du problème de la qualité de l'eau des eaux souterraines, sera d'une certaine manière résolu.

Cependant, si le développement des eaux souterraines se poursuit de manière concentrée dans les zones de dépression du niveau des eaux formées par un excès de pompage, des baisses de niveau importantes risquent d'apparaître localement et de

nombreux puits iront probablement en s'asséchant. Il est par conséquent nécessaire de poursuivre périodiquement les observations du niveau piézométrique dans ces régions et de prendre les dispositions nécessaires, comme par exemple la régulation de pompage dans les régions où ces observations permettent de déceler une baisse importante du niveau d'eau.

Les régions dans lesquelles ces observations ont été jugées nécessaires sont la zone de l'ancienne ville de la rive gauche regroupant les 4 quartiers de Gomez, Jedida, Qlig, Temicha, la zone sud de la rive gauche avec les 2 quartiers de Khadima et Entou où sont principalement situés les puits sous la tutelle de la Direction de l'Hydraulique ainsi que le quartier de Segatar I sur la rive droite.

3.5.2 Volume de Développement Possible du Gisement de Points d'Eau Souterraine de la Région Nord-Ouest

(1) Recharge des Eaux Souterraines

1) Caractéristiques du bassin d'eau souterraine du gisement de points d'eau du nord-ouest

La Figure 3.5-3 présente les courbes de niveau des eaux souterraines dans le bassin de la région nord-ouest, obtenues à partir des forages de reconnaissance. D'après cette carte, les caractéristiques de la forme du niveau de nappe aquifère sont les suivantes:

- a. Dans le gisement de points d'eau du nord-ouest, comme l'indique la Figure 3.5-3, ont été relevées deux lignes de partage des eaux souterraines à partir de la courbe de niveau des eaux souterraines, une le long de la route principale vers Nouakchott allant en direction nord-ouest, et l'autre le long des dunes fixes en direction nord-est s'étendant vers Kandra et l'arrière-pays, ces lignes formant la démarcation entre trois petits bassins d'eau souterraine. Ces trois bassins sont indépendants et l'on suppose que leurs eaux souterraines ne se déplacent pas.
- b. Les bassins d'eau souterraine au sud-ouest et au nord sont clairement des bassins fermés et il est possible que le bassin d'eau souterraine du côté sud-est ne soit pas relié au bassin souterrain de la ville de Kiffa et soit donc également fermé. Nous avons indiqué dans le chapitre 3.2 que le réseau hydrographique de la zone de l'étude était formé d'un regroupement de petits cours d'eau fermés, et il semble que le bassin d'eau souterraine possède des caractéristiques identiques à celles des eaux de surface, le bassin d'eau souterraine fermé correspondant grosso modo au système hydrographique fermé.

c. On remarque que, dans chacun des bassins d'eau, le niveau de nappe aquifère est relativement basse le long du linéament (faille), avec rassemblement le long d'un linéament rechargé des eaux avec perméabilité élevée.

2) Etude de la source de recharge des eaux souterraines

Le linéament en direction est-ouest traversant le gisement de points d'eau du nord-ouest, comme indiqué dans 3.2.2 "Interprétation des photos aériennes", semble être un prolongement vers l'est d'une grande faille s'étendant de la plaine de Tarf Tintara à l'ouest de la zone de l'étude, le long de la Passe de Goussas. Cette faille de grande envergure est suffisamment importante pour pouvoir être relevée sur une carte topographique au 1/200.000ème, la largeur de la zone de fracture étant de plusieurs centaines de mètres. Elle traverse les dunes de Hassel Nkheile formées par un système de petits cours d'eau fermés et semble s'étendre vers le gisement de points d'eau du nord-ouest.

D'après les résultats des forages de reconnaissance effectués lors de la présente étude, les régions présentant un fort potentiel pour l'exploitation des eaux souterraines sont situées le long des linéaments, les eaux souterraines se regroupant et s'écoulant principalement le long des failles. A partir de ce qui précède et comme indiqué sur la Figure 3.5-4, les eaux souterraines sont regroupées le long de la faille de grande envergure et il est possible de supposer qu'elles s'écoulent vers le gisement de points d'eaux souterraines du nord-ouest.

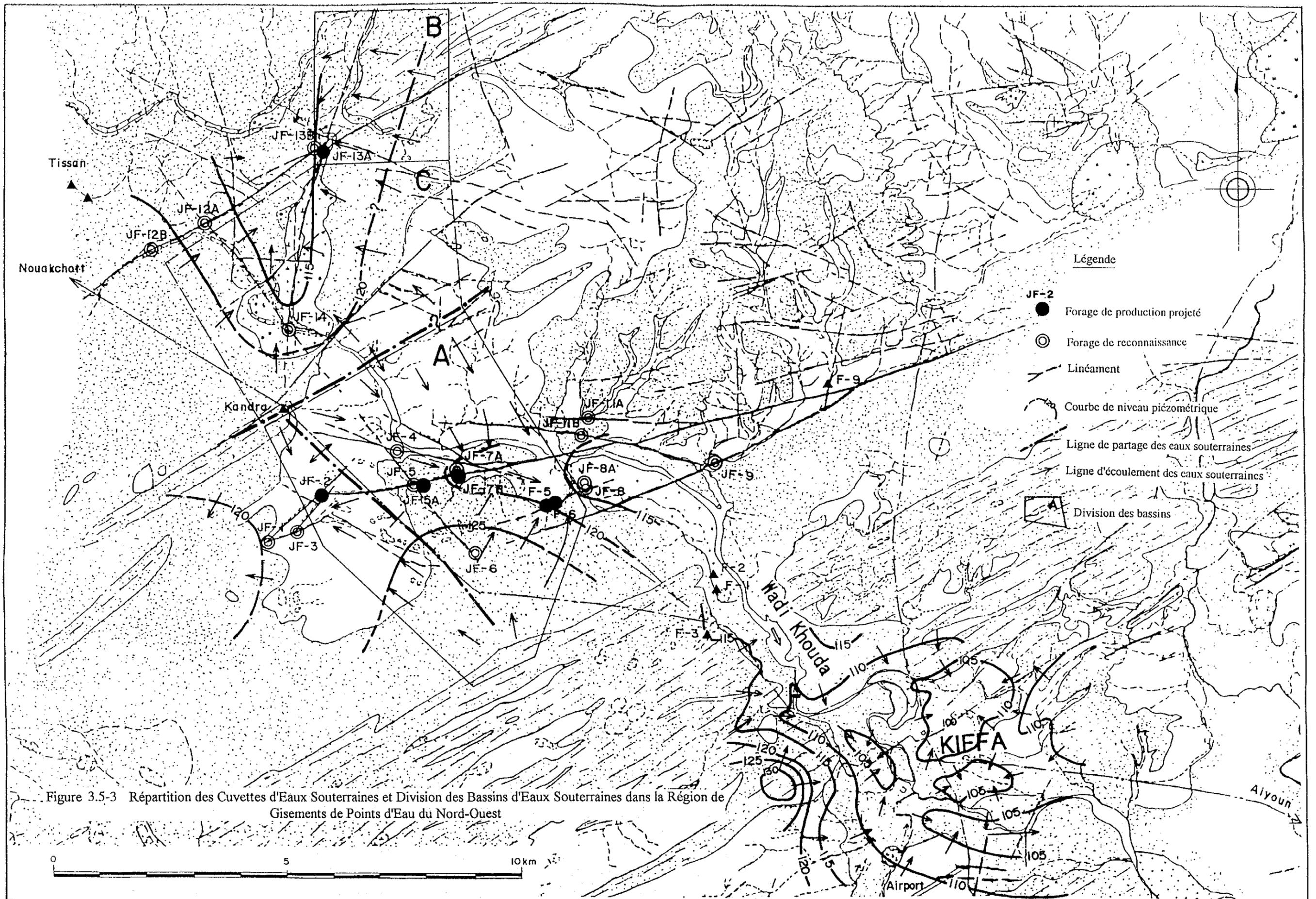


Figure 3.5-3 Répartition des Cuvettes d'Eaux Souterraines et Division des Bassins d'Eaux Souterraines dans la Région de Gisements de Points d'Eau du Nord-Ouest

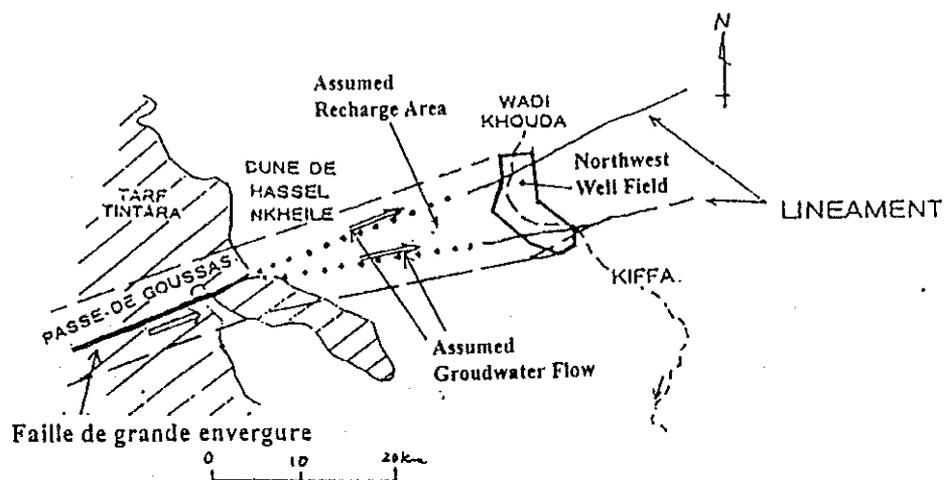


Figure 3.5-4 Zone de Recharge au Cas où les Eaux Souterraines s'écouleraient le Long de la Faille de Grande Envergure de l'Ouest

Si c'est le cas, la zone de recharge du gisement de points d'eau souterraine du nord-ouest, comme indiqué ci-dessus, est particulièrement étendue et regroupe entre autres la plaine de Tarf Tintara à l'ouest et les dunes de Hassel Nkheile, avec une superficie de plus de 5.000 km². Ce qui laisserait supposer qu'un volume extrêmement important d'eaux souterraines (d'après un calcul approximatif, 100 millions de m³/an) s'écoulerait dans le gisement de points d'eau du nord-ouest.

Toutefois, comme indiqué dans le paragraphe précédent et d'après les courbes de niveau de la nappe, le bassin d'eau souterraine du gisement de points d'eau du nord-ouest se divise en trois petits bassins, chacun d'entre eux étant indépendant, sans déplacement d'eau entre ces bassins. S'il est difficile de nier totalement cette possibilité, étant donné que les forages de reconnaissance de la présente étude ont été effectués sur une étendue particulièrement limitée, il faut néanmoins remarquer que les possibilités d'écoulement d'un volume important d'eaux souterraines dans le gisement de points d'eau à partir de l'ouest le long de la faille de grande envergure sont relativement faibles.

Selon les raisons énoncées précédemment, pour le calcul du volume de développement possible des eaux souterraines et afin de procéder à l'estimation de la manière la plus sûre possible, il sera effectué en prenant pour base le fait que les eaux souterraines du gisement de points d'eau du nord-ouest sont rechargées exclusivement par l'infiltration des eaux de pluie.

(2) Bilan Hydrologique du Bassin d'Eau Souterraine

Pratiquement aucune exploitation des eaux souterraines n'a été effectuée dans le gisement de points d'eau du nord-ouest et l'on a par conséquent supposé que le bilan hydrologique serait conforme à la situation naturelle.

Les précipitations dans le bassin fermé d'eau souterraine se regroupent dans la partie basse du réseau hydrographique fermé en tant qu'eaux de ruissellement en surface où se forment des terrains marécageux, humides et des prairies. Les eaux de pluies s'infiltrant dans le sol se déplacent vers les zones à perméabilité élevée, se sédimentent en marécages, terrains humides ou prairies formant le fond du bassin pour s'évaporer en définitive. Ainsi, dans la zone de l'étude, la totalité des eaux de pluie s'évapore dans le réseau hydrographique fermé.

La recharge en eau des bassins de chaque région se fait par conséquent exclusivement à l'intérieur des bassins et aucun apport d'eau d'une région éloignée ne peut être prise en compte.

(3) Méthode de Calcul du Volume de Recharge des Eaux Souterraines

Comme indiqué précédemment dans "3.5.1 Volume de Développement Possible des Eaux Souterraines peu Profondes de la Ville", plusieurs méthodes de calcul du volume de recharge des eaux souterraines sont envisageables. Toutefois, étant donné que, lors de la présente étude, seuls ont été effectués des forages de reconnaissance et des essais de pompage dans le gisement de points d'eau du nord-ouest, les limites de temps n'ont pas permis de procéder à des observations à long terme des variations du niveau d'eau ou à des relevés hydrologiques. Par conséquent les méthodes de calcul mentionnées précédemment ne peuvent être utilisées ici.

D'après les résultats des calculs du volume de recharge des eaux souterraines de la ville de Kiffa effectués dans "3.5.1 Volume de Développement Possible des Eaux Souterraines peu Profondes de la Ville", le pourcentage d'infiltration dans le sol des eaux de pluie (pourcentage de recharge des eaux souterraines par les précipitations) est d'environ 10%, les 90% restants étant supposés s'évaporer. Le gisement de points d'eau du nord-est n'est séparé de la ville de Kiffa que de 10 km et, étant donné, d'une part, que les conditions climatiques, hydrologiques et hydrogéologiques sont pratiquement identiques et, d'autre part, qu'il n'y a

aucun apport d'eau souterraine d'une autre région, la recharge des eaux étant limitée aux eaux de pluie infiltrées, le volume de recharge des eaux souterraines du gisement de points d'eau du nord-ouest peut être calculé à partir de la superficie du bassin d'eau souterraine, des précipitations annuelles et du pourcentage d'infiltration des eaux de pluie dans le sol à Kiffa.

Toutefois, cette méthode a pour limite, comme indiqué dans 3.5.1 "Volume de Développement Possible des Eaux Souterraines peu Profondes de la Ville", d'être généralement utilisée pour le calcul du volume de recharge dans les régions ne disposant que d'un petit nombre de données hydrogéologiques et de ne pas permettre, pendant l'exploitation future des eaux souterraines, de procéder à des prévisions quantitatives quant aux baisses de niveau d'eau par région, par exemple.

(4) Calcul du Développement Possible des Eaux Souterraines du Gisement de Points d'Eau du Nord-Ouest

Le calcul du développement possible des eaux souterraines dans le gisement de points d'eau du nord-ouest a été effectué en sélectionnant des forages à fort débit de pompage parmi les forages de reconnaissance et les forages d'observation existants et en les utilisant comme forage de production. Les 6 forages ci-dessous seront utilisés comme forage de production et leurs emplacements sont indiqués sur la Figure 5.3-1.

- JF-2 (forage de reconnaissance excavé lors de l'étude)
- JF-5A (forage de reconnaissance excavé lors de l'étude)
- JF-7B (forage de reconnaissance excavé lors de l'étude)
- JF-13A (forage de reconnaissance excavé lors de l'étude)
- F-5 (forage existant objet d'une observation)
- F-6 (forage existant objet d'une observation)

1) Division des bassins d'eau souterraine pour le calcul du volume de recharge

Sur la base de l'écoulement des eaux souterraines (ligne d'écoulement) supposé à partir des courbes de niveau de la nappe aquifère et de l'emplacement de la ligne de partage des eaux souterraines présenté sur la Figure 3.5-3, trois zones ont été reportées sur la carte par rapport aux forages de production pour les régions d'écoulement des eaux souterraines.

La zone A comprend une étendue dans laquelle 5 forages, situés sur deux linéaments (failles) est-ouest, peuvent capter les eaux souterraines, la zone B comprenant une étendue dans laquelle un forage, situé sur un linéament sud-nord, peut capter les eaux souterraines. Quant à la zone C, étant donné le potentiel élevé de développement des eaux souterraines dans la partie sud du prolongement du linéament sud-nord, bien qu'aucune étude détaillée n'ait encore été effectuée, elle comprend l'étendue d'écoulement des eaux souterraines au cas où un forage de production est placé sur le linéament. Ces zones sont présentées sur la Figure 3.5-3.

2) Volume de recharge des eaux souterraines du gisement du nord-ouest et volume de développement possibles des eaux souterraines

Le calcul du volume de recharge a été effectué dans chacune des zones d'écoulement des eaux souterraines définies précédemment à partir de la superficie de la zone, du volume de précipitations annuelles et du pourcentage d'infiltration des eaux de pluie. En ce qui concerne les précipitations annuelles, le chiffre de 235,4 mm/an indiqué dans 3.1 "Météorologie et hydrologie" et déterminé à partir d'observations effectuées durant les 8 dernières années a été utilisé, avec un pourcentage d'infiltration des eaux de pluie dans le sol de 10%, correspondant au chiffre obtenu lors de l'étude du bilan hydrologique de la ville de Kiffa.

Par ailleurs, le volume maximum de pompage possible des eaux souterraines par région a été fixé à 80% du volume de recharge. Dans le cadre de la mise en place du plan de développement des eaux souterraines, il sera nécessaire de fixer le volume de pompage de chaque région à une valeur inférieure à ce volume maximum.

Les calculs du volume de recharge des eaux souterraines et du volume maximum de pompage possible pour chaque région sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3.5-2 Volume de Recharge des Eaux Souterraines et de Pompage Possible du Gisement du Nord-Ouest

Division par zones	Superficie (km ²)	Volume de recharge (m ³ /an)	Volume max. de pompage (m ³ /an)	Forage de production
Zone A	34	800,000	640,000	JF-2, JF-5A, JF-7B, F-5, F-6
Zone B	9	210,000	170,000	JF-13A
Sous-total	43	1,010,000	810,000	-
Zone C	21	490,000	390,000	Développement à l'avenir
Total	64	1,500,000	1,200,000	-

Comme le montre le tableau ci-dessus, si les deux zones A et B sont choisies comme zones de développement des eaux souterraines du gisement nord-ouest, le volume de recharge sera de 1.010.000 m³/an environ, et le volume de pompage possible de 810.000 m³/an. Par ailleurs, si le développement des eaux souterraines est effectué dans la zone C, le volume de recharge sera de 1.500.000 m³/an, avec un volume de pompage possible de 1.200.000 m³/an.

En outre, si la zone altérée de socle superficiel, l'aquifère, a environ 40m d'épaisseur et sa coefficient de porosité est environ 1 %, le volume de storage des eaux souterraine dans le gissement du nord-ouest sera estimé à environ 25,000,000m³.

Chapitre 4 Conditions Actuelles du Service d'Alimentation en Eau

4.1 Les Sources et l'Alimentation de l'Eau en Mauritanie

(1) Démographie

La situation démographique en Mauritanie est caractérisée par l'accroissement rapide de la population, la faible densité de la population et la sédentarisation brusque de nomades dans la zone urbaine. On estime la population à 2 millions d'habitants en 1991, dont 1 million habitent dans 24 villes qui comptent plus de 5.000 habitants à cause du développement de l'économie moderne en Mauritanie et de la grande sécheresse y survenue. Le reste des habitants sont éparpillés en province, dont 175.000 sont des nomades. 825.000 sont des éleveurs sédentaires, tandis que environ 4.000 d'entre eux habitent dans des villages qui comptent moins de 1.000 habitants. La densité moyenne de population est la plus basse en Afrique de l'ouest. Le taux de croissance démographique annuel en Mauritanie est estimé à 2,9% en moyenne.

La plus grande ville de la Mauritanie est Nouakchott avec 640.000 habitants, suivie de celles de Nouadhibou, de Rosso et de Kiffa qui comptent plus de 30.000 habitants.

(2) Alimentation en eau et Système d'égout

Actuellement, seulement quelque 20% des habitants urbains sont alimentés en eau par des conduites d'eau sanitaires. Les autres obtiennent l'eau de la vie quotidienne au moyen de robinets publics ou à l'intermédiaire de revendeurs d'eau qui puisent de l'eau aux puits privés. Dans les zones rurales aussi, seulement quelque 40 % des habitants reçoivent l'alimentation en eau en toute sécurité. Quant aux installations d'égout, uniquement 4% des habitants de la ville de Nouakchott bénéficient de conduites d'égout

(3) Développement des Ressources en Eau

En Mauritanie, on a recours à l'eau souterraine fossile pour la plupart de ses sources de l'eau potable. Dans la capitale Nouakchott, qui se trouve sur la nappe aquifère saline, les habitants sont approvisionnés en eau à grands frais par des conduites d'eau provenant d'une zone de puisage située à une distance d'environ 60 km à l'ouest de la ville. Les habitants bénéficient de la bonne qualité de l'eau seulement traitée par injection de chlore. On estime

que la réserve d'eau dans la zone est suffisante pour satisfaire la demande d'eau de la ville dans le futur immédiat.

(4) Les Organisations Gouvernementales liées à l'Eau et à la Santé

En Mauritanie, l'organisation administrative des eaux et de la santé est composée de quatre autorités, et les fonctions sont indiquées au Tableau 4.1-1.

Tableau 4.1-1 Organisation administrative des eaux et santé

Organisation	Fonctions
Ministère Hydrologique et d'Énergie (MHE)	<ul style="list-style-type: none"> • Etablissement et réalisation de plans d'exploitation des ressources de l'eau • Gestion/étude/planification/entretien des ressources en eau • Alimentation en eau des zones urbaines/rurales du pays • Supervision de la SONELEC
Société Nationale des Eaux et de l'Électricité (SONELEC)	<ul style="list-style-type: none"> • Production/répartition des eaux dans les zones urbaines
Ministère de la Santé (MS)	<ul style="list-style-type: none"> • Planification et réalisation des systèmes d'égout et de traitement de déchets • Elaboration et exécution de lois relatives à la santé <p>(Centre National de la Santé)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Supervision de la qualité de l'eau • Recherche de la santé publique
Ministère de Développement Régional (MDR)	<ul style="list-style-type: none"> • Questions relatives aux ressources en eau pour l'agriculture/élevage

(5) Politique de Base d'Alimentation en Eau

L'objectif est en principe de satisfaire la demande d'eau dans les zones urbaines en alimentant en eau chaque domicile et en installant des robinets d'eau publics. On a ainsi adopté la politique suivante qui consiste à: (1) Construire des installations d'alimentation en

eau à capacité de 40 litres par homme/jour dans les villes de plus de 5.000 habitants, (2) Privatiser les robinets d'eau publics pour faire payer aux bénéficiaires de tous les frais, (3) Planifier le prolongement des conduites d'eau et du système de tarif pour les plus pauvres et (4) Agrandir la gamme des opérations de la SONELEC pour suppléer à un certain manque de compétence de gouvernements régionaux. En province, on demande aux habitants de participer au projet d'alimentation en eau et d'assurer l'entretien et la gestion eux-mêmes pour ainsi leur offrir un système bien rentable, y compris la récupération des frais d'investissement. Dans ce but, le Service Hydrologique sera réorganisé selon les besoins régionaux, par exemple, par la privatisation de la construction d'installations d'alimentation en eau.

(6) Réglementations

Les réglementations liées au service d'alimentation en eau, incluant le développement des ressources en eau et les adductions d'eau, en Mauritanie sont stipulées dans le Code de l'Eau (Code No.85-144) établi le 4 Juillet 1986 par le Ministère de l'Hydraulique et de l'Energie. Le Code comprend 10 chapitres et 141 articles, son contenu est le suivant:

Dispositions générales

- Titre I Dispositions fondamentales
- Titre II Domanialité
- Titre III Restrictions du domaine privé
- Titre IV Régime d'utilisation des eaux
- Titre V Protection qualitative des eaux
- Titre VI Diverses utilisations des eaux et ordre
- Titre VII Régimes des agréments d'entreprises de travaux hydrauliques
- Titre VIII Infractions et sanctions
- Titre IX Dispositions transitoires
- Titre X Abrogation, publication et exécution

Les chapitres III à VI sont liés au développement de l'eau souterraine et au service d'alimentation en eau.

(7) Situation pour la Privatisation

- 1) Adduction en Eau dans le Milieu Urbain par la SONELEC

Le gouvernement Mauritanien a entrepris une série de mesures à partir des années 1980 pour faire face au déclin de l'économie et à la situation financière avec l'aide du FMI et de la Banque Mondiale. En 1985, le gouvernement a initié un Programme Economique et Financier comprenant des mesures importantes qui visaient spécialement à l'amélioration de la situation des entreprises privées et encourageaient les activités du secteur privé. Dans le cadre de ce programme, la réhabilitation institutionnelle et financière de la SONELEC pour les services de l'eau a été considérablement réalisée, comme décrit par l'article 4.4.1

Quant à la privatisation dans l'aménagement des adductions d'eau de la SONELEC, la gestion de l'alimentation par bornes publiques, qui jouent un rôle important dans l'alimentation en eau, vu le taux faible de connections des maisons (40% dans le cas d'Aioun par exemple), est privatisée d'une certaine manière. Ainsi, la SONELEC avec l'assistance des autorités municipales accepte des agents de service pour les robinets publics et la revente de l'eau aux particuliers. Dans cet arrangement, la SONELEC considère l'agent de service comme un client, et collecte les frais d'eau selon le volume d'eau consommé.

Il est très nécessaire pour la SONELEC de contrôler et de gérer les bornes publiques. Cela présente cependant un problème pour le service public de l'eau: les heures de service pendant la journée dépendent de l'agent de service, ou les utilisateurs achètent l'eau à prix unitaire élevé. Cela présente des problèmes, pas seulement au niveau de la réglementation, mais aussi des problèmes techniques tels que les bornes publiques en nombre insuffisant et leur emplacement inadéquat.

2) Service d'Adduction Rural de l'Eau de la Direction de l'Hydraulique

Le Ministère de l'Hydraulique et de l'Energie est responsable pour l'alimentation en eau des villages dans le milieu rural et aménage la gestion des eaux souterraines, la construction des puits et les installations d'alimentation en eau dans le milieu rural. Basé sur la politique de privatisation du gouvernement, la responsabilité de l'exécution et la maintenance de ces systèmes d'alimentation en eau a été donnée à une société ou une personne après la construction de l'installation.

Dans la procédure actuelle, la Direction de l'Hydraulique invite des candidats pour la réalisation et la maintenance après achèvement des installations d'alimentation en eau, un contrat est conclu entre la Direction et le concessionnaire. Le concessionnaire livre l'eau

aux villageois au prix unitaire défini dans le contrat, il transfère l'argent pour le fonds de maintenance, le fonds de renouvellement et la taxe communale au compte bancaire suivant le volume de l'eau qui aussi clairement stipulé dans le contrat. La balance entre les revenus et le paiement est le bénéfice du concessionnaire. Il mentionné dans la loi que les deux premiers fonds sont utilisés seulement pour la maintenance majeure et les travaux de renouvellement des installations concernées.

Il est un fait que cette réglementation allège le fardeau de la Direction de l'Hydraulique pour la maintenance et les services dans plusieurs villages, en élevant la motivation financière de l'agent de service/entreprise. Cependant, à la différence de l'alimentation dans le milieu urbain, l'alimentation en eau dans le milieu rural est à petite échelle et indépendant dans des zones limitées. Par conséquent, son service et sa maintenance ne sont pas difficiles et faisables par la communauté. Cela semble applicable dans les village financièrement riches où des constructions dans ce système ont commencé récemment, mais certaines difficultés sont prévues pour les villages pauvres où le cache n'existe pas.

4.2 Les Conditions Existantes pour l'Alimentation en Eaux et l'Usage de l'Eau à Kiffa

4.2.1 Grands Traits de la Ville de Kiffa

(1) Les Grands Traits de la Ville de Kiffa

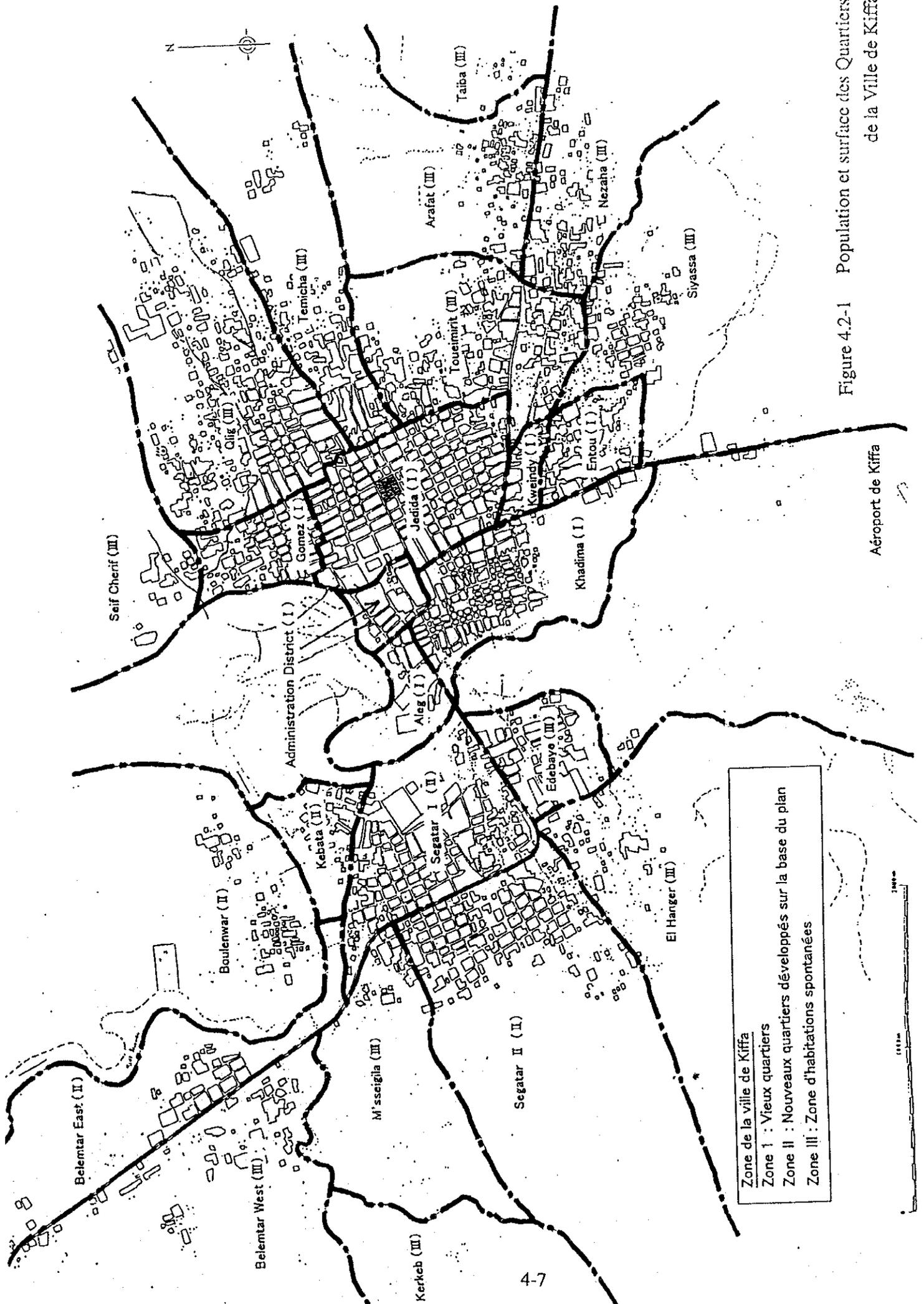
1) Zone urbaine et population

La population, le nombre de ménages, les surfaces de zone et leurs catégories classifiés par aspect de développement du district urbain de Kiffa sont résumés dans le Tableau 4.2-1 et la Figure 4.2-1. La Commune de Kiffa a une zone administrative d'un rayon de 20 km à partir du centre ville. Elle a également 6 autres couronnes périphériques qui sont présentées dans le Tableau 4.2.-2.

Tableau 4.2-1 Population et Zone de la Ville de Kiffa

		Quartier	Population	Nombre de ménages	Surface (ha)	Catégorie
1		Belemtar Est	6.899	1.099	89,0	II
	1-1	Belemtar Est				
	1-2	Boulenwar				
2		Belemtar Ouest	2.945	463	508,8	III
	2-1	Belemtar Ouest				
	2-2	Mséiguila				
	2-3	Kerkeb				
3		Sagatar I	8.567	1.379	107,0	II
	3-1	Sagatar I				
	3-2	Kebata				
4	4-1	Sgatar II	5.155	811	118,6	II
5	5-1	Edebaye	1.116	199	135,6	III
6	6-1	El Hangar	1.547	218	66,9	III
7	7-1	Aleg	1.524	263	98,5	I
8	8-1	Zone Aministrative	795	140	23,7	I
9	9-1	Seif Sherif	700	100	90,7	III
10	10-1	Gomez	2.170	365	33,0	I
11	11-1	Jedida	3.095	482	53,8	I
12	12-1	Khadima	7.129	1.212	147,7	I
13	13-1	Khwendy	706	126	10,7	I
14	14-1	Ntou	3.254	847	122,4	I
15	15-1	Olfig	5.748	903	160,9	III
16	16-1	Timicha	2.250	356	70,8	III
17		Tweimirit	5.906	964	367,0	III
	17-1	Tweimirit				
	17-2	Arafat				
	17-3	Nezaha				
	17-4	Siyassa				
			59.506	9.918	2.165,1	
18	18-1	Taiba	1.415	212	50,0	III
			69.921	10.130	2.215,7	

Source : Rapport du Ministère du Plan en 1997 et des données par la Commune



Zone de la ville de Kiffa
 Zone I : Vieux quartiers
 Zone II : Nouveaux quartiers développés sur la base du plan
 Zone III : Zone d'habitations spontanées

Figure 4.2-1 Population et surface des Quartiers de la Ville de Kiffa

Comme mentionné sur le Tableau, «le quartier Taiba» est mentionné en plus de la zone de recherche du Ministère du Plan parce que ce quartier situé au Sud de la Ville se développe rapidement depuis quelques années, et intégré au terroir urbain de la commune de Kiffa. Dans les quartiers, il y a des secteurs comme mentionné dans le Tableau 4.2-1 et la Figure 4.2-1. Comme les noms de ville sont généralement donnés par les habitants, ils ont les caractéristiques de tribus ou de groupes ethniques, et sont utilisés comme unité pour l'étude.

La classification utilisée ici est celle définie dans l'étude du Ministère du Plan comme suit:

- I : Vieux quartier
- II : Nouveaux quartiers développés sur la base du plan
- III : Zone d'habitation spontanée

2) Situation actuelle des infrastructures sociales autres que l'alimentation en eau

Actuellement, une équipe socio-économique est en train de faire une étude détaillée et par conséquent les grandes lignes de toutes sortes d'équipement sont introduites:

① Installations publiques

- Bureau de la Région de l'Assaba (Wilaya)
- L'Hôtel de ville de Kiffa (Bureau de la Commune de Kiffa)
- Police
- L'Armée
- La Délégation Régionale du Ministère du Développement Rural et de l'Environnement
- Ecole (Collège/ Lycée: 1, école primaire: 8)
- Hôpital (Un seul hôpital dans la ville. Construit en 1960, il est géré par des équipes chinoises dans le cadre de la coopération depuis sa construction.)
- Dispensaire (2 dans la ville)

② Routes

Dans la ville, la Route de l'Espoir No 3 montré dans la Figure 4.2-1 qui relie Nouakchott à Nema, est la seule route goudronnée. Les routes ordinaires de la ville ne sont pas revêtues. Les surfaces des routes ne sont pas nettes et les limites ne sont connues que par les murs des maisons dans la plupart des cas. En particulier, dans la catégorie de

quartier nouvellement développé comme III, il n'y a aucun signe de route.

③ Système d'égout et déchets solides

Il n'y a aucun drainage des eaux de pluies du tout et aucune facilité d'évacuation par égout. La pluviométrie est faible, mais il a été souligné que les eaux de pluies stagnent parfois dans certains endroits, et mélangées aux eaux usées créent des problèmes de santé. Les eaux usées des ménages sont directement déversées dans les rues ou connectées directement au fosse de toilettes pour infiltration dans le sol, cela est lié à la consommation d'eau qui est très réduite.

Les déchets solides ne sont pas collectés ni traités dans des dépôts corrects. Il y a des activités expérimentales menées par des ONG (la World Vision) qui essaient d'amener des membres de la communauté de faire des collectes avec charrettes dans les zones de forte densité comme le marché. Généralement, les espaces libres sont utilisés comme dépôt. La quantité réduite des déchets liée à la faible consommation des citoyens et au climat sec font que le problème n'est pas grave actuellement. Cependant avec la future adduction d'eau, les dépôts d'ordures pourront créer des problèmes sociaux, aussi bien que des égouts. En 1998, le PNUD prévoit s'assurer des activités de collecte dans 2 quartiers de la ville dans le cadre de son Programme Assaba.

④ Electricité

Le réseau d'électrification de la ville de Kiffa est aménagé par la SONELEC. On peut dire qu'il n'y a pratiquement pas de pannes. En Mauritanie, les villes sont éparpillées dans le vaste pays. Les électrifications des villes sont indépendantes les unes des autres. La ville de Kiffa est alimentée par une station Diesel de 3.200 kW construite en 1995. Le nombre de maison connectées est de 2300 sur le total de 10.000 maisons estimé de la ville. Cela est lié au coût élevé du prix initial de la connexion. La consommation électrique moyenne a été de 200 kW en 1997, tenant compte de la faible consommation des clients la capacité de la station existante est trop élevée. Le tarif de l'électricité est de 26,4 UM/kWh et le comptage et le système de collecte sont informatisés.

⑤ Gaz

La SONELGAZ fournit le gaz propane par bouteille. Le gouvernement Mauritanien encourage le remplacement de l'utilisation du charbon de bois par le gaz pour des raisons

de préservation de l'environnement. A Kiffa, le charbon et le bois sont généralement utilisés comme source d'énergie.

⑥ Téléphone

Il y a un réseau téléphonique géré par la poste qui a 220 clients dans la ville. Les citoyens utilisent les téléphones publics gérés par des commerçants. La connexion à l'extérieur de la ville se fait par un satellite avec 6 lignes. A certaines heures de la journée, l'extérieur et la ligne internationale sont congestionnés.

(2) Situation de l'Alimentation en Eau

A Kiffa, il y a 2 formes d'utilisation de l'eau: l'eau de surface à travers l'oued Khouda et l'eau souterraine par des puits éparpillés dans toute la ville. Kiffa a la caractéristique topographique que l'oued Khouda emmagazine les eaux de pluies, sauf en cas d'inondation où il les déverse vers l'Ouest.

Pour l'utilisation des eaux de surface, les palmiers dattiers dans les zones d'inondation des oueds et les petits maraîchers qui ont besoin d'arrosage en saison sèche vu la diminution des eaux de surface, les puits sont utilisés en combinaison. Cette agriculture est pratiquée principalement au centre et dans la partie la plus au Sud de la ville.

D'autre part, l'utilisation des eaux souterraines peu profondes est courante dans toute la ville. Plus de 1.000 puits ont enregistré dans cette étude d'inventaire. En dehors des 300 vieux puits actuellement inutilisés, tous les puits sont utilisés ou utilisables. Ils ont une profondeur de 15 m environ et sont creusés manuellement. Les propriétaires des puits sont des particuliers ordinaires; comme indiqué ci-dessus, Kiffa compte un total de 10.000 ménagers, ce qui fait un taux de diffusion d'environ 10%. Il n'y a que 2 puits publics.

Pour l'utilisation de l'eau pour la consommation, pour abreuvement des animaux, ou le jardinage, les 3 méthodes suivantes sont employées :

- Puisage de l'eau directement des puits
- Achat de l'eau des vendeurs qui le mettent dans des barriques de 200 litres à charrette à âne
- Acquérir l'eau d'un camion citerne de la commune

Les puits ordinaires n'ont pas de motopompe, sauf ceux pour l'alimentation des

camions citernes de la ville, certains puits ont un système de pompage éolien/solaire. Les populations puisent généralement l'eau manuellement. Dans le cas où le citoyen puise son eau lui-même, il va au puits le plus proche s'il n'a pas de puits à lui. Comme mentionné plus haut, les puits sont en majorité des propriétés privées, mais les voisins s'y approvisionnent en général gratuitement. La construction d'un puits revient environ de 30,000 UM à 40,000 UM. Le fait qu'une personne supporte le prix de son puits et laisse les autres l'utiliser est une coutume sociale très importante dans cette région.

D'après l'enquête effectuée, l'eau directement puisée par les habitants compte pour 30 à 40% dans leur volume d'eau total utilisé. Que l'eau soit puisée ou acquise d'un charretier vendeur ne dépend pas de la richesse du citoyen, mais de la qualité de l'eau du puits à proximité. Dans une zone où la qualité de l'eau est mauvaise, par exemple la teneur en sel très élevée, le citoyen en dépit de sa pauvreté doit acheter aux vendeurs, même si la corvée d'eau est en général le travail des femmes et des enfants dans la région.

L'alimentation en eau à partir des camions citernes est limitée aux grands consommateurs qui ont des bassins, tel que les installations publiques et les personnes riches. Un camion citerne délivre l'eau au bassin quand le propriétaire paie à la commune.

Il n'y a pas de grands consommateurs d'eau à usage industriel à Kiffa. Il n'existe pas de restaurants avec de grandes cuisines. La blanchisserie est la seule activité qui utilise assez d'eau - il y a à environ 100 blanchisseries opérationnelles à Kiffa. Cependant les blanchisseurs utilisent l'eau de façon très efficace, et l'un d'eux peut se suffire avec une quantité de 200 litres par jour. Ils achètent en général aux charretiers.

Dans l'agriculture, la méthode générale est d'utiliser la surface d'inondation de l'oued (ou bien de laisser l'eau et ses nutriments imprégner temporairement le sol, effectuer le semis, et après faire écouler l'eau de la surface) travailler la terre, dans le cas d'exploitation un peu plus grandes. Il y a également des potagers sur les terres argileuses des oueds sur lesquels on puise l'eau souterraine pour la culture. Mais ces utilisations ne sont pas poursuivies longtemps, et en définitive l'utilisation de l'eau est liée au volume des précipitations annuelles.

4.2.2 Sources d'Eau et Usage d'Eau par but

Les résultats de l'étude détaillée de l'usage de l'eau par une étude socio-économique, ainsi que les résultats de la collecte des données et l'écoute de la population concernant le projet d'alimentation en eau sont résumés ici. Dans cette région, les variations saisonnières de la population est très élevées à cause des mouvements de nomades. En été, commence la saison des pluies (Juin, Juillet, Août et Septembre) les nomades sédentarisés se déplacent au Sud, et le nombre des habitants et des animaux est réduit. Mais les températures élevées augmentent la consommation des habitants urbains. En hiver, le temps est modéré en Octobre, Novembre et Décembre, et en général assez d'eau disponible. Les habitants et les animaux reviennent à Kiffa, et la population est maximale. L'estimation de l'utilisation de l'eau par usage et par source, sans l'irrigation, est considérée comme suit:

Usage de l'Eau par but

Consommation courante	900 m ³ (inclut le maraîchage)
Bétail	100 m ³
Bornes Publiques	30 m ³ (fourni par les camions citernes de la ville)
Commerce/industrie	20 m ³
Total	1.050 m ³

Sources d'eau (En réalité, toutes les sources d'eau sont des puits peu profonds et les méthodes de transport sont différentes)

Les camions citernes	150 m ³
Les Charretiers vendeurs	500 m ³
Les puits voisins	400 m ³
Total	1.500 m ³

Le total de l'eau utilisée est très réduit vu la population de 60.000 habitants, et la consommation d'eau par personne et par jour qui est seulement de 17 litres. La raison de ce faible usage est sûrement que les sources d'eau sont incertaines et une fois qu'un système d'alimentation sera mis en place, la consommation devrait augmenter drastiquement.

4.2.3 Les Puits Existants, les Camions Citernes et les Charretiers Vendeurs

(1) Les Puits Existants

Tous les puits qui existent ont été identifiés dans l'inventaire des puits (voir en annexe).

Du point de vue de l'alimentation en eau, cette étude peut se résumer comme suit:

Année de construction	: plus de 20 ans 174 puits, plus de 10 ans 549 puits, et moins de 10 ans 512 puits.
Nombre de construction annuelles	: 50 puits par an
Structure	: Puits forés manuellement à 100%. Les puits sont presque tous ouverts, peu sont fermés avec système de pompage (pompe immergée, pompe à motricité humaine, pompe éolienne, etc.).
Propriétaire	: Presque tous privés. 891 puits sont en propriété commune, soit 84%.
Qualité de l'eau (norme CE 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$)	: Bonne (869 puits, 82%), Mauvaise (192 puits, 18%)

(2) Camions citernes de la commune

1) Gestion (Responsable municipal: M. Brahim Mane)

A partir de Novembre 1997, pour des raisons qui ne sont pas claires, la Commune a confié la gestion des camions citernes de la ville à des entreprises privées. Par conséquent, les statistiques de gestion anciennes ne sont disponibles et commencent à partir du 6 Novembre 1997.

2) Véhicules

a. Mercedes	12 m ³	1993
b. Mitsubishi	14 m ³	1996
c. Belrace (Italie)	10 m ³	(en panne)

3) Prix de vente

12 m³ 3.000 UM

14 m³ 3.500 UM

Mais l'eau est gratuite pour les installations publiques.

4) Fonctionnement

La moyenne de voyages est 5-6 par jour, sauf le vendredi.

L'alimentation du 6 au 30 Novembre 1997 (21 jours d'opération) a été de 2.560m³
(moyenne de livraison est de: 110 m³/par jour).

5) Opérateurs

Chauffeurs:	2
Assistant:	2
Opérateur de la motopompe:	1

6) Hygiène

Il n'y a pas de traitement particulier, tel que stérilisation. Par conséquent, il n'y a pas de budget alloué à cet effet.

(3) Charretiers Vendeurs d'Eau

1) Enquête auprès de la ville (responsable: Afmed Ould Abeid, membre du conseil municipal responsable des taxes)

Il n'y a pas de restriction de travailler comme vendeur d'eau et aucune inscription n'est nécessaire. Le vendeur doit s'acquitter d'une taxe de 200UM par mois pour la Commune. Cette taxe est collectée une fois par mois dans la rue, et il n'est pas sûr que tous les charretiers la paient. En Novembre, 120 vendeurs ont payé leur taxe. Le nombre des vendeurs de l'eau est estimé à 500.

2) Interview de la mission d'étude pour l'inventaire des puits

Les charretiers s'approvisionnent principalement au niveau de 30 puits. Parmi ces puits, 3 (Waddy, Gomez, et Direction de l'hydraulique) ont une grande capacité d'eau et ont un large diamètre qui permettent à 10 à 15 vendeurs de puiser l'eau ensemble, les autres ne permettent qu'à 5 à 10 de puiser ensemble. De ce fait, le nombre de vendeurs travaillant simultanément est estimé à 300. Le nombre total des voyages au puits du bureau de Kiffa de la Direction de l'hydraulique étaient de 130 par jour en Août.

3) Interview de charretiers (interview de 9 vendeurs le 17 décembre 1997)

- Capital initial : âne 5 000 UM et la Charrette et la barrique 15.000 UM

- Charretiers interrogés : 10 à Gomez, 8 à Waddy et 8 à la Direction de l'Hydraulique
- Expériences : 8 mois - 15 ans
- Age : 20 à 59 ans (beaucoup de Maliens?)
- Moyenne des Voyages par jour : 5- 10 par jour (7 en moyenne)
- Prix de vente de L'eau : 150 UM les 200 litres
- Possession de l'équipement : Propriété personnelle 7 et privée 2
- Heures de Travail : 7 Heures par jour, du lever au coucher du soleil
- Méthodes de Vente : Sans commande, ils remplissent les barriques et partent en ville pour la vente. Ils ne vendent pas seulement par unité de 200 litres, mais également au détail par seau de 10 litres comme demandé souvent par les pauvres au prix de 5 UM.

4.2.4 Les Villages Périphériques de la Ville de Kiffa

La Commune de Kiffa a un rayon de 20 kilomètres, à partir de la maison du gouverneur située au centre de la ville. Dans ces limites, il y a 6 villages composés de plusieurs petites communautés, qui sont localisés autour de la ville à environ 8 km dans la direction Nord-Sud. Leurs caractéristiques et localisation sont résumés dans le Tableau 4.2-2 et la Figure 4.2-2.

Tableau 4.2-2 Villages de la Commune de Kiffa

Nom du Village	Distance de Kiffa	Population*1	Installation d'alimentation en eau	Ecole	Electricité
Hassi Bekaye	Est 7km	2.000	Solaire	Oui	Non
Wad Rodha	Ouest 10km	430	Puits	Oui	Non
Oum Echgag	Est 18km	472	Puits	Oui	Non
Kandra	Ouest 18km	1.200	Solaire	Oui	Non
Kreikett	Sud 14km	483	Puits	Oui	Non
Meisah	Nord 11km	397	Puits/Barrage*2	Oui	Non

*1. La population est donnée par les habitants du village. La commune n'a que de vieilles statistiques.

*2. Le barrage est fait en argile pour l'agriculture, sa fonction est d'augmenter la zone d'inondation pour l'infiltration de l'eau dans le sol. En septembre, l'eau est libérée pour le semis.

En observant ces villages, 4 villages sur la Route de l'espoir No 3 forment une agglomération à vocation nomade ou agricole. Dans les 2 autres villages localisés séparément au Nord et au Sud de la route sont d'accès difficile, on pratique la culture des graminées dans l'oued. C'est pourquoi, les habitations sont éparpillées dans la zone et l'agglomération n'est pas structurée.