

## AVANT-PROPOS

Lettre de présentation

Carte d'emplacement

Liste des figures et des tableaux

Abréviations

Résumé

## Table des Matières

Chapitre 1	Arrière-plan du projet .....	1
Chapitre 2	Contenu du projet.....	3
2.1	Concepts de base du projet .....	3
2.2	Concept de base des activités relatives à la coopération .....	9
2.2.1	Orientations du projet .....	9
2.2.2	Concept de base.....	19
2.2.2.1	Plan d'ensemble .....	19
2.2.2.2	Plan de protection des sources d'eau.....	54
2.2.2.3	Plan des canalisations d'amenée d'eau .....	61
2.2.2.4	Plan des installations des stations de pompage de forage .....	67
2.2.2.5	Plan des canalisations de transfert d'eau.....	72
2.2.2.6	Plan des installations des stations de pompage de transfert d'eau.....	75
2.2.2.7	Plan du réservoir de distribution .....	82
2.2.2.8	Plan des tuyaux principaux de distribution.....	86
2.2.2.9	Plan des bornes fontaines publiques.....	95
2.2.2.10	Plan d'amélioration des puits existants dans la ville.....	100
2.2.2.11	Plan d'approvisionnement en eau du quartier de Belemtar.....	108
2.2.3	Schémas du concept de base .....	114
2.2.4	Plan d'exécution des travaux.....	151
2.2.4.1	Orientations de l'exécution .....	151
2.2.4.2	Éléments à prendre en compte lors des travaux .....	153
2.2.4.3	Répartition des travaux.....	154
2.2.4.4	Plan de supervision des travaux .....	156
2.2.4.5	Plan de contrôle de qualité .....	159
2.2.4.6	Plan de fourniture des matériels et équipements .....	161

## Chapitre 1 Arrière-plan du projet

## **Chapitre 1 Arrière-plan du projet**

La majeure partie du pays est constituée de désert et, en raison de la sécheresse qui sévit souvent, l'approvisionnement stable en eau potable reste un des problèmes primordiaux de la nation. Le Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté (CSLP, 2001), élaboré en 2001 par le gouvernement mauritanien sur la base des directives du FMI et de la Banque Mondiale, prévoit comme objectif à long terme d'amener le pourcentage d'approvisionnement en eau à 85% dans le secteur urbain d'ici l'an 2015, et comme objectif à moyen terme l'aménagement des installations urbaines d'approvisionnement en eau pour alimenter une population de plus de 5.000 personnes d'ici 2004. Le présent projet est positionné, dans le Programme d'Action Prioritaire/Hydraulique Urbaine 2000-2001(PRSP), en tant que l'un des projets de première importance du pays, de pair avec les projets d'aménagement des installations urbaines d'approvisionnement en eau potable dans neuf des villes du pays.

La ville de Kiffa, objet du projet, troisième ville de Mauritanie, est un relais important pour la distribution entre la capitale et l'intérieur du pays. Après les sécheresses des années 1970, beaucoup de nomades y ont afflué et s'y sont sédentarisés, et la population a considérablement augmenté. Par contre, le retard pris dans l'aménagement des infrastructures, en particulier les installations en eau potable qui n'y sont pas du tout aménagées, obligent les habitants à s'approvisionner aux puits traditionnels, aux camions citernes ou auprès des vendeurs d'eau avec charrette à âne. Le volume d'eau disponible est aussi insuffisant en quantité absolue, et si la situation actuelle se poursuit, la pollution des installations hydrauliques actuelles va considérablement augmenter, ce qui se traduira par la détérioration des conditions de santé et d'hygiène des habitants.

Pour sortir de cette situation, sur la demande du Gouvernement Mauritanien, le Gouvernement du Japon a réalisé en 1997-1998 une étude de développement visant à confirmer les ressources en eau pour la construction d'un système hydraulique. L'existence d'une nappe phréatique à eau de bonne qualité et volume suffisant pour les installations en eau potable à aménager d'urgence a ainsi été vérifiée, et un projet d'installations en eau potable a été proposé. Sur la base de cette étude de développement, la Mauritanie a demandé la coopération financière non-remboursable du Japon.

## Chapitre 2      Contenu du projet

## Chapitre 2 Contenu du projet

### 2.1 Concepts de base du projet

#### (1) Objectifs prioritaires et objectifs du projet

En l'an 2000, environ la moitié (50,5%) de la population de la Mauritanie faisait partie de la classe la plus défavorisée. Dans ce contexte, le gouvernement mauritanien a élaboré un Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté (2001) dans le but de diminuer la pauvreté et a établi à cet effet des objectifs dans les trois domaines prioritaires de l'éducation, de la santé et de l'approvisionnement en eau potable. Les objectifs à long terme dans ce dernier domaine portent, d'une part, sur des améliorations permettant l'utilisation des installations d'eau par 85% de la population d'ici 2015 pour ce qui est de l'approvisionnement en eau urbain et, d'autre part, sur l'aménagement des installations d'approvisionnement en eau dans les villages de plus de 500 habitants d'ici 2010 en milieu rural. Par ailleurs, l'aménagement d'installations d'eau potable dans les villes de plus de 5000 habitants a été également prévu comme objectif à court terme d'ici 2004.

D'autre part, aucune installation d'approvisionnement en eau potable n'existe dans la ville de Kiffa, région concernée par le présent projet, et les habitants dépendent actuellement des eaux des couches peu profondes de la ville pour couvrir la totalité de leurs besoins en eau potable et en eau pour la vie quotidienne et doivent donc soit procéder au puisage dans les puits environnants, soit se procurer l'eau auprès des camions citernes de la ville ou des vendeurs d'eau privés avec charrette à âne. Ces eaux souterraines en couches peu profondes sont de plus en plus contaminées en raison de l'excès de puisage et de l'augmentation des eaux usées et, à l'exception d'un certain quartier, la teneur en azote de nitrate (de 0 à 1.400 g/L en tant que teneur de  $\text{NO}_3$ ) dépasse la valeur fixée comme critère par l'OMS (50 mg/L). Il faut également tenir compte de la contamination secondaire par les colibacilles lors du transport de l'eau dans les bidons des vendeurs d'eau.

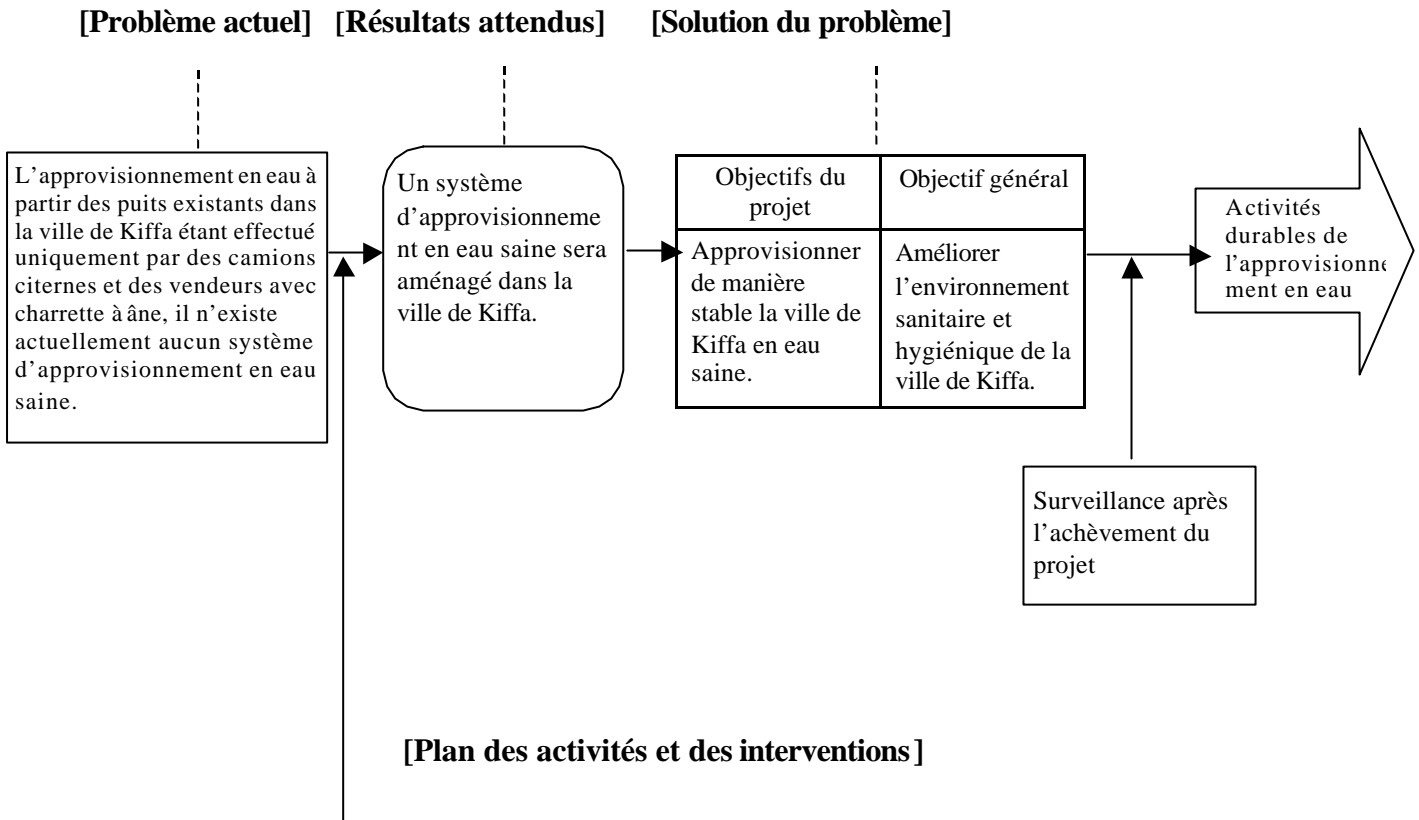
En outre, les volumes d'utilisation de l'eau plafonnent à 24 litres/j/h environ, un chiffre inférieur de plus de la moitié aux 49 litres approvisionnés en moyenne dans 10 autres villes desservies par la SONELEC et l'approvisionnement en eau à partir des puits existants de la ville semble avoir atteint ses limites aussi bien sur le plan qualitatif et que sur le plan quantitatif. A l'heure actuelle, les habitants de la ville de Kiffa souhaitent vivement pouvoir être alimentés de manière stable en eau potable et saine et la construction rapide de ces installations d'approvisionnement en eau constitue un thème d'urgence sur le plan de la santé et de l'hygiène des habitants de Kiffa.

A l'heure actuelle, des installations d'approvisionnement à partir de sources d'eau saine n'existent pas dans la ville de Kiffa. Le présent projet a pour objectif, de par l'aménagement d'un système d'approvisionnement en eau saine dans la ville, de fournir de manière stable 40 litres/jour/habitant par branchements particuliers (parmi lesquels 10 litres/j/h pris à partir des ressources en eau des puits existants de la ville) aux 66.000 habitants (en 2008) et 30 litres/j/h par bornes fontaines (parmi lesquels 10 litres/j/h pris à partir des ressources en eau des puits existants de la ville) aux 17.000 habitants (en 2008) de la ville de Kiffa.

## (2) Grandes lignes du projet

Afin d'atteindre les objectifs précités, le présent projet porte, d'une part, sur la construction de stations de prise d'eau des forages (6 emplacements), la pose de canalisations d'amenée d'eau, la construction d'une station de pompage de transfert d'eau, la pose de canalisations de transfert d'eau, la construction d'un réservoir de distribution et la construction d'installations de distribution d'eau (canalisations de distribution, 39 bornes fontaines publiques, installations de pompes manuelles dans 13 emplacements, 1 réservoir surélevé, 1 pompe de puits) et, d'autre part, sur des composants logiciels visant à établir des organisations de gestion de l'eau et sur des activités de sensibilisation des populations sur la question de l'hygiène. Un système d'approvisionnement en eau potable et saine pourra ainsi être mis en place dans la ville de Kiffa.

L'aperçu du présent projet (objectif général, objectif du projet, résultats attendus, plan des activités et des interventions, entre autres) sont présentées dans la Figure 2.1-1 ci-dessous.



**[Plan des activités et des interventions]**

Partie japonaise	Partie mauritanienne
<p>Pour la ville de Kiffa</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aménagement des forages de ressources en eau (6 emplacements), amélioration des puits existants de la ville de Kiffa (12 emplacements), aménagement d'un puits aux alentours du forage (1 emplacement)</li> <li>• Construction de canalisations d'amenée d'eau, de stations de transfert, de canalisations de transfert d'eau, de réservoirs de distribution et de tuyaux principaux de distribution</li> <li>• Construction d'AEP du quartier de Belemtar (un réservoir surélevé, une pompe de puits)</li> <li>• Aménagement des autres installations nécessaires à l'eau potable</li> <li>• Introduction d'éléments logiciels (établissement de comités de gestion de l'eau, amélioration du degré de consciences des habitants sur l'hygiène)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fourniture du matériel et réalisation des travaux en relation avec les tuyaux secondaires de distribution</li> <li>• Fourniture du matériel et réalisation des travaux en relation avec les branchements aux particuliers</li> <li>• Fourniture du matériel et réalisation des travaux en relation avec l'électrification</li> </ul> <p>Exploitation, gestion et maintenance des installations d'un réseau d'eau potable</p>

Figure 2.1-1 Aperçu du présent projet

### (3) Conception de base du projet

#### 1) Année cible du projet

Le présent projet portant sur l'aménagement de canalisations d'amenée d'eau, de transfert et de distribution d'eau, il faudra compter une longue période de construction et une longue période pour ce qui est de la durabilité des installations. Etant donné la difficulté de procéder à une augmentation par étape, parallèlement à l'augmentation des volumes d'eau de distribution, dans le cas de canalisations, il sera nécessaire de planifier les installations dans une optique à long terme. Afin d'éviter d'augmenter encore les inconvénients des habitants, de limiter au minimum le changement des canalisations le long de routes urbaines étroites où les travaux sont difficiles à effectuer et de ne pas avoir à procéder à une extension des installations immédiatement après leur achèvement, il sera nécessaire de planifier en tenant compte d'une marge de manœuvre maximum. L'année cible du projet a par conséquent été fixée à 2008, à savoir 4 années après la fin de la construction des installations.

#### 2) Population concernée par le projet

La population concernée par le projet de construction des installations sera déterminée sur la base des résultats de l'enquête effectuée lors de l'étude de développement de 1997 en tenant compte des résultats du recensement effectué en octobre 2000.

#### 3) Ressources en eau

Seront utilisés en tant que ressources pour le système d'approvisionnement en eau du présent projet, 4 forages dont les eaux ont été jugées bonnes sur le plan qualitatif et quantitatif lors de la présente étude parmi les forages de reconnaissance situés au nord-ouest de la ville de Kiffa, réalisés lors de la recherche de nouvelles sources d'eau saine durant l'étude de développement, ainsi que 2 forages existants de la SONELEC, pour un total de 6 forages. Par ailleurs, en ce qui concerne les forages ayant une qualité d'eau relativement bonne parmi les forages de la ville, les forages pouvant être utilisés pour l'eau de boisson ont été déterminés sur la base d'une analyse détaillée de la qualité de l'eau effectuée lors de l'étude de développement précédente. Ces forages jouissant d'une bonne qualité d'eau peuvent être considérés comme de précieuses ressources pour la ville de Kiffa, qui souffre de l'insuffisance en eau et, du point de vue de l'utilisation efficace de ces ressources comme du maintien de la qualité de l'eau, ils seront pris en considération dans le plan des installations en tant que ressources pour



l'approvisionnement en eau potable, tout en prenant les mesures nécessaires contre la contamination de leurs eaux souterraines.

#### 4) Volumes d'eau du projet

Les volumes d'eau des installations du projet devront être déterminés à partir de la valeur objective d'approvisionnement en eau pour l'approvisionnement en eau urbaine de l'ensemble du territoire mauritanien et à partir des ressources en eau dont le développement réaliste s'avère possible. La ville de Kiffa est située dans la zone semi-désertique continentale subsaharienne, et les ressources en eau sont donc limitées dans l'absolu. Les volumes d'eau du projet devront par conséquent être déterminés sur la base d'un développement approprié des ressources et sur une gestion et un entretien suivis des activités d'approvisionnement en eau.

#### 5) Système d'approvisionnement en eau

Etant donné l'absence de routes aménagées qui permettraient la pose de tuyaux de distribution vers chaque foyer de la ville de Kiffa, le projet prévoit l'usage conjugué de branchements particuliers et de bornes-fontaines publiques. Par ailleurs, un système d'approvisionnement en eau limité à certaines heures, identique à celui généralement mis en pratique en Mauritanie, sera également appliqué en tant que mesure de restriction des volumes d'eau utilisés, en raison de l'insuffisance des ressources en eau aux alentours de la ville de Kiffa, comme indiqué précédemment.

#### 6) Tuyaux secondaires de distribution et branchements particuliers

Le présent projet porte sur l'aménagement des installations d'approvisionnement en eau potable. La construction d'installations principales en amont ainsi que l'aménagement du réseau des canalisations de distribution, comprenant les tuyaux secondaires de distribution dans la zone urbaine de la ville de Kiffa concernée par le projet, sont également indispensables.

Lors de la requête initiale, les travaux de pose des tuyaux secondaires étaient prévus à la charge de la partie japonaise mais un accord a pu être obtenu pour la prise en charge de l'approvisionnement en matériel et des travaux de pose de ces tuyaux par la partie mauritanienne, ceci ayant été mentionné dans le procès-verbal de l'étude du concept de base.

En résultat de l'étude ci-dessus et afin d'assurer un système d'approvisionnement en eau permettant de fournir les volumes d'eau moyens pour l'année cible dans la ville de Kiffa, la conception de base du présent projet portera sur l'aménagement d'installations de pompage de prise d'eau dans les forages, la construction de canalisations d'amenée, la construction de stations de pompage de transfert d'eau et de canalisations de transfert d'eau, ainsi que sur la construction d'un réservoir de distribution et la pose de tuyaux principaux de distribution.

En outre, des composants logiciels seront introduits afin d'établir des méthodes de gestion et de maintenance destinées aux bornes fontaines publiques et aux pompes manuelles, aménagées dans le cadre du présent projet, et des directives seront données pour la création d'organisations de gestion de l'eau ainsi que pour la gestion et la maintenance des installations. En outre, l'étude de développement ayant révélé une contamination secondaire en raison de l'utilisation non hygiénique de l'eau par les habitants, des activités de sensibilisation des populations sur l'utilisation de l'eau seront effectuées en tant que composants logiciels du projet.

## **2.2 Concept de base des activités relatives à la coopération**

### **2.2.1 Orientations du plan**

#### (1) Orientations par rapport aux conditions naturelles

##### 1) Conditions climatiques

Les relevés météorologiques durant les dix dernières années (1991-2000) dans la ville de Kiffa sont présentés dans le tableau 2.2.1-1. La ville de Kiffa, concernée par le présent projet, a un climat sec et désertique continental, avec une température annuelle moyenne de 30,4°C, dépassant parfois les 40°C pour approcher les 50°C dans la journée. Les précipitations se montent à environ 250 mm par an avec une évapotranspiration d'environ 3000 mm, cette évapotranspiration excédant tout au long de l'année les précipitations et donnant naissance à un climat sec.

La saison des pluies dure cinq mois, de juin à octobre, et il ne pleut pratiquement jamais pendant les autres mois. Les pluies arrivent souvent sous forme de tempêtes accompagnées de foudre qui se produisent sur 22 jours dans l'année. Par ailleurs, les tempêtes de sable ont lieu pendant 50 jours par an, pour une moyenne de 4,2 jours par mois, quelle que soit la saison.

Etant donné les conditions climatiques extrêmement sévères de la région concernée, le plan d'exécution des travaux devra être élaboré en tenant dûment compte de ces conditions difficiles lors de la réalisation du présent projet. Dans le plan de pose des canalisations, s'il n'est pas nécessaire de tenir compte des mesures contre le gel, il faudra par contre assurer le recouvrement de terre correspondant aux standards minimums en Mauritanie pour les canalisations enfouies et prévoir, dans certains des emplacements où les conditions géologiques sont particulièrement défavorables, des canalisations exposées tout en prenant des mesures pour la résistance thermique lorsque les tuyaux sont vides, pendant les hausses de température de l'été. Des travaux d'isolation thermique ne seront pas nécessaires pour les installations de pompage et il est possible d'adopter des réservoirs de distribution de type posés au sol. Par ailleurs, pour ce qui est des installations de pompage et des installations électriques, une ventilation pour les hausses de température pendant l'été ainsi que des mesures contre la poussière durant les tempêtes de sable devront être prévues. En ce qui concerne les mesures contre la poussière, des filtres seront posés sur les fenêtres de ventilation naturelle des salles des pompes de transfert d'eau et les moteurs des pompes seront anti-poussière. En outre, pour les mesures contre la foudre pendant la saison des pluies, les installations électrifiées comme les pompes des forages et les pompes de transfert d'eau seront équipées de paratonnerre. (stations de pompage de prise d'eau, stations de pompage de transfert d'eau, réservoir surélevé de la zone de Belemtar)

Tableau 2.2.1-1 Climat de la ville de Kiffa (moyenne de 1991-2000)

Mois	Température ( °C )					Humidité (%)		Evaporation totale (mm)	Précipitations (mm)			Climat (nombre de jours)				
	Maximum	Minimum	Maximum moyenne	Minimum moyenne	Moyenne	Maximum moyenne	Minimum moyenne		Volume de précipitations	Nombre de jours de pluie	Maximum en 24 heures	Orage	Éclair	Brume sèche	Brouillard	Vent de sable
1	39,3	8,4	30,5	16,2	23,4	33,3	12,6	215,2	0,0	0,4	0,0	0,3	0,0	12,0	0,0	4,5
2	42,6	10,0	33,4	18,8	25,9	26,4	10,4	223,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	15,4	0,0	6,5
3	45,2	13,5	36,6	21,5	29,1	26,0	9,9	278,0	0,9	0,7	0,6	0,4	0,4	12,3	0,0	5,1
4	45,8	14,6	40,3	25,6	32,9	24,1	9,3	321,7	0,0	0,3	0,0	0,6	0,6	11,5	0,0	3,9
5	46,8	20,4	42,9	29,0	35,9	28,6	11,2	347,0	2,0	0,8	1,7	0,8	0,9	17,6	0,0	7,8
6	47,5	22,5	42,6	30,7	36,6	41,8	15,8	323,6	16,2	1,9	13,5	2,2	1,5	22,9	0,0	8,5
7	46,2	19,0	38,7	28,3	33,5	64,0	28,5	241,2	58,7	4,5	34,8	4,7	3,0	19,3	0,0	6,1
8	44,8	18,6	36,7	26,6	30,9	78,5	38,6	166,6	87,4	8,7	29,3	7,8	7,8	6,3	0,0	2,6
9	43,7	20,8	37,4	26,6	32,0	70,4	33,6	163,8	54,0	6,3	18,7	5,6	5,6	5,9	0,0	0,9
10	44,0	19,0	38,6	25,5	32,1	48,6	19,0	242,1	25,9	1,4	13,1	1,6	2,1	4,9	0,0	0,7
11	40,8	13,8	35,9	20,7	28,3	32,0	12,2	235,9	0,5	0,3	0,5	0,1	0,1	6,0	0,0	1,3
12	37,5	10,0	31,3	17,2	24,2	35,8	15,2	209,9	4,1	0,8	1,8	0,0	0,1	9,5	0,0	2,6
Total annuel	-	-	-	-	-	-	-	2967,7	249,8	26,3	-	24,3	22,2	143,6	0,0	50,4
Valeur mensuelle moyenne	-	-	37,1	23,9	30,4	42,5	18,0	247,3	20,8	2,2	9,5	2,0	1,8	12,0	0,0	4,2

Source : Observatoire météorologique de Kiffa

## 2) Conditions topographiques et géologiques

### Tracé des canalisations d'amenée d'eau

En ce qui concerne l'itinéraire des canalisations d'amenée du présent projet, si le tracé à partir des forages JF-13A et F5/F6 passe dans une couche de sable, celui des canalisations d'amenée passe dans un socle rocheux, avec des roches exposées par endroits. Il sera par conséquent nécessaire d'appliquer une méthode d'excavation du socle, ce qui entraînera une augmentation des coûts des travaux.

Par ailleurs, dans la commune d'Ayoun, voisine de celle de Kiffa, une partie des canalisations est exposée, sans que cela n'entraîne de problèmes au niveau de la gestion et de la maintenance. Lors des travaux de pose des canalisations d'amenée du présent projet, le tracé des canalisations d'amenée, à l'exception de celui des forages de prise d'eau JF-13A et F5/F6, adoptera des canalisations exposées, méthode plus avantageuse pour ce qui est des coûts des travaux, comparée à l'excavation du socle rocheux.

Dans la requête du gouvernement mauritanien, le tracé des canalisations d'amenée d'eau de JF-13A coupe l'oued en ligne droite et traverse les terrains agricoles. L'oued est pratiquement asséché tout au long de l'année mais les canalisations d'amenée d'eau risquent d'être exposées par les écoulements de sable en cas de crue du cours d'eau. Le présent projet évitera le tracé à l'intérieur de l'oued prévu initialement et choisira un itinéraire de déviation. La distance du tracé des canalisations d'amenée d'eau sera donc rallongée de 900 m environ par rapport au plan initial de la requête. Ce tracé passera par des couches de sable et de limon, et la pose des canalisations se fera avec un enfouissement d'un mètre.

### Tracé des tuyaux de distribution

Les canalisations de distribution de la ville de Kiffa seront enfouies. La majeure partie du tracé d'enfouissement se trouve dans un socle sableux et un recouvrement de terre d'un mètre sera effectué conformément aux standards mauritaniens. Par ailleurs, une partie de la ville est située sur une couche de sable en surface de 0,3 m environ, avec en dessous un socle rocheux. Ici, le recouvrement de terre sera de 0,6 m afin de diminuer les volumes d'excavation du socle.

### Traversée de l'oued par les canalisations

Pour la traversée de l'oued en 4 emplacements, une structure de siphon inversé sera appliquée et des mesures de prévention contre les pertes des canalisations dues aux écoulements durant la saison des pluies devront être prises en considération.

### Réservoir de distribution et station de pompage de transfert d'eau

Des fondations directes seront adoptées comme type de support pour les structures du réservoir de distribution et des stations de pompage de transfert d'eau car l'étude géologique a montré qu'il n'y avait pas à craindre d'effondrement en raison de la présence d'une couche de sable sous le sol, et qu'une résistance de portée suffisante était assurée. Toutefois, la surface au sol du réservoir de distribution présentant des inégalités d'environ 1 m, la partie mauritanienne devra procéder à des travaux de nivellement avant les travaux du présent projet.

### 3) Charges sismiques et éoliennes

Les normes japonaises de conception, élaborées systématiquement, reconnues sur le plan international, fondées sur de nombreux exemples pratiques et ayant un degré de fiabilité particulièrement élevé, seront appliquées pour le présent projet. En outre, ce projet étant effectué dans le cadre de la coopération financière non-remboursable du Japon, les responsables concernés ont des connaissances suffisantes sur lesdites normes.

En ce qui concerne les conditions des charges de conception, les normes japonaises seront appliquées, étant donné l'absence de ce type de normes en Mauritanie, tout en respectant toutefois les particularités de la région.

Pour ce qui est des tremblements de terre, aucun séisme n'a été relevé jusqu'à présent en Mauritanie et dans la ville de Kiffa et à ses alentours, et les ouvrages d'art n'ayant pas de caractéristiques antisismiques, elles ne seront pas appliquées dans le présent projet.

Les normes japonaises seront également appliquées pour les charges éoliennes en raison de l'absence de données sur les forces des vents et de normes sur leurs effets sur les ouvrages d'art en Mauritanie. En outre, il ne sera pas nécessaire de tenir compte des charges d'enneigement et de poussière.

### (2) Orientations vis-à-vis des conditions sociales

La ville de Kiffa est divisée selon les trois quartiers suivants, comme indiqué dans l'étude effectuée en 1997 par le Ministère du Plan, cette division reflétant bien la situation actuelle de la ville.

Quartier I : vieille ville

Quartier II : nouveau quartier urbain développé selon un plan d'urbanisme

Quartier III : quartier dont le développement s'est poursuivi naturellement

Lors de l'étude de développement (1997-1998), conformément à la classification ci-dessus, la mise en place de bornes-fontaines publiques a été prévue dans le quartier III, les quartiers I et II étant destinés aux branchements aux particuliers.

Par ailleurs, lors de la présente étude du concept de base, une enquête a été effectuée auprès des habitants sur leurs besoins en eau afin de déterminer leurs opinions vis-à-vis des bornes-fontaines publiques. En résultat, un grand nombre de personnes interrogées a montré un désir de branchement particulier pour l'approvisionnement en eau, les opinions ne présentant pas de différence notable selon les quartiers.

Ladite enquête a permis également de constater qu'il n'y avait pas de différence sensible entre les revenus des ménages de chaque quartier. A l'heure actuelle, les habitants de la ville paient le frais d'eau achetée aux camions citernes environ 3 fois plus cher que l'eau approvisionnée par la SONELEC dans les autres villes, et 8 fois plus cher pour l'eau achetée aux vendeurs d'eau. Ceci prouve par conséquent que les habitants ont les moyens d'acquitter les tarifs de l'eau dans chacun des quartiers de la ville.

A partir de ce qui précède, une révision de l'étude de développement a été effectuée pour ce qui est des critères de mise en place des branchements aux particuliers et des bornes-fontaines publiques, et les trois éléments suivants ont été pris en considération lors de cette révision.

- zone n'ayant pas de route pour la pose des tuyaux de distribution
- marchés publics
- le long des routes principales où sont hébergées de nombreux travailleurs qui se déplacent, comme les chauffeurs d'entreprises de transport

Par conséquent, si des pourcentages respectifs de 65% et 35% ont été décidés pour les branchements particuliers et les bornes-fontaines publiques pour 2005 – après année de la mise en service des installations - en raison des prévisions sur l'augmentation des quartiers développés selon le plan d'urbanisme de la ville de Kiffa, ces pourcentages ont été fixés à 80% et 20% après 2008, année cible du projet, en augmentant ainsi les branchements aux particuliers.

### (3) Orientations pour l'exécution et la fourniture en équipements et matériels

Parmi les équipements et matériels qui seront utilisés pour le présent projet, il sera possible de s'approvisionner en ciment, agrégats (gravier et sable), en matériaux pour les cadres, en tuyaux en PVC et en acier de renforcement en Mauritanie, les autres équipements et matériels devant être importés de l'étranger. Parmi les matériels ci-dessus, les tuyaux en PVC et l'acier de renforcement sont largement commercialisés dans le pays mais seul des tuyaux de 200 mm de diamètre sont en vente sur le marché et il est également impossible de se procurer de

l'acier de renforcement de plus de 16 mm. Par ailleurs, le présent projet nécessite de procéder à l'approvisionnement de grandes quantités d'équipements et de matériels dans une période très limitée et le problème reste donc à résoudre pour ce qui est d'un approvisionnement stable en tuyaux PVC et en acier de renforcement sur le marché mauritanien. Par conséquent, en tenant compte des capacités de fourniture locales, parmi les équipements et matériels nécessaires au présent projet, le ciment, les agrégats (gravier et sable) et les matériaux pour les cadres seront approvisionnés localement, les autres équipements et matériels étant importés d'un pays tiers ou du Japon. En outre, étant donné qu'il n'y a pas d'entreprise traitant le béton pré mélangé en Mauritanie, les entreprises de construction prépareront le béton en site.

#### (4) Orientations concernant les entreprises locales

Si certaines des entreprises locales ont l'expérience des activités de génie civil pour les travaux publics, pour ce qui est des travaux de grande envergure ou de ceux nécessitant des techniques spéciales, nombre d'entre elles agissent encore en tant que sous-traitants des entreprises de construction à capital étranger. Les travaux de construction et de mise en place des équipements du présent projet ne présentant, en principe, aucun degré de difficulté particulier, le plan de construction sera axé sur les entreprises locales pour ce qui est des travaux ordinaires. Toutefois, dans les domaines tels que l'établissement du plan d'exécution, le contrôle des opérations, le contrôle de l'approvisionnement en équipements et matériels et le contrôle de qualité, les capacités des entreprises locales restent encore insuffisantes. Par conséquent, on a jugé pertinent de confier l'exécution des travaux aux entreprises de construction locales, sous la supervision et les directives d'une entreprise de construction japonaise. Par ailleurs, pour ce qui est des gros travaux de génie civil, comme la construction du bassin de distribution et pour les essais de mise en service des installations, un plan d'envoi en site des techniciens et des ouvriers qualifiés nécessaires à partir du Japon ainsi qu'un plan de transport local des équipements requis seront élaborés.

#### (5) Orientations relatives aux capacités de gestion et de maintenance des organismes d'exécution

Des projets d'approvisionnement en eau sont actuellement exécutés dans 10 villes de Mauritanie par la SONELEC, société de l'eau et de l'électricité placée sous la tutelle du Ministère de l'Hydraulique et de l'Energie. En ce qui concerne la gestion et la maintenance des principales installations du présent projet, y compris les branchements particuliers, elles seront également prises en charge par cet organisme.



La SONELEC est actuellement responsable de la gestion et de la maintenance des installations d'approvisionnement en eau des principales villes du pays comme indiqué ci-dessus et, avec des bénéfices enregistrés durant les trois dernières années dans le secteur de l'eau, sa gestion est considérée comme saine. D'autre part, l'Ecole de Métier de la SONELEC de Nouakchott offre une formation technique aux employés et les capacités techniques sont amplement suffisantes pour procéder au fonctionnement et à la maintenance des installations.

Après la réalisation du présent projet, la SONELEC agrandira son bureau, actuellement chargé des activités d'approvisionnement en eau par camions citernes et elle devra, afin d'exécuter de manière appropriée la gestion des installations du présent projet, nommer des techniciens formés dans l'Ecole ci-dessus en tant que personnel de gestion et de maintenance.

Par ailleurs, les installations du présent projet incluant des équipements électromécaniques comme les pompes entre autres, un expert japonais sera envoyé en site (ville de Kiffa) pendant la durée des travaux de la partie japonaise afin de procéder à la formation sur le tas (OJT) du personnel prévu pour la gestion et la maintenance et de procéder ainsi de manière plus efficace et plus effective à la gestion et à la maintenance des installations.

En outre, une procédure de séparation de la SONELEC a débuté en octobre 2001, le secteur de l'électricité étant confié à la SOMELEC (Société Mauritanienne d'Electricité) et celui de l'eau à la SNDE (Société Nationale de l'Eau). La gestion et la maintenance des installations du présent projet seront donc exécutées par la SNDE.

#### (6) Orientations pour la sélection de l'envergure et du grade des installations et équipements

En tenant compte des conditions mentionnées de (1) à (5) ci-dessus, les orientations de base suivantes seront adoptées pour la construction des installations, l'envergure des équipements approvisionnés et le niveau technique du présent projet.

##### 1) Envergure des installations et des équipements et matériels

Les aménagements ayant pour objectif l'approvisionnement stable en eau potable et saine de la ville de Kiffa auront le contenu suivant.

Construction de stations de pompage de forage (6 emplacements)

Pose de canalisations d'amenée d'eau de la station de pompage de forage jusqu'à la station de pompage de transfert d'eau

Construction de stations d'eau de transfert (pompes de transfert d'eau, réservoir de réception ( $V = 40 \text{ m}^3$ , en béton armé)

Pose des canalisations de transfert d'eau de la station de pompage de transfert d'eau au réservoir de distribution

Construction d'un réservoir de distribution

Construction d'installations de distribution

- Pose de tuyaux principaux de distribution
- Construction de bornes-fontaines publiques (39 emplacements)
- Travaux d'aménagement des puits existants (1 emplacement de la mise en place d'une pompe de prise d'eau et construction d'un réservoir surélevé)
- Mise en place de pompes manuelles (11 emplacements avec une seule pompe et deux emplacements avec deux pompes)

## 2) Sélection du grade

### Matériaux des canalisations

Des tuyaux en fonte ductile généralement utilisés pour les installations d'eau potable seront sélectionnés en tant que matériaux des canalisations d'amenée d'eau et de transfert, en tenant compte de leur diamètre, de leur durée de service et de leur degré d'importance. Ces tuyaux en fonte ductile ne sont pas commercialisés sur le marché mauritanien et devront être importés d'un pays tiers ou du Japon. Les tuyaux principaux composant le réseau de distribution d'eau seront en PVC. (matériau généralement utilisé pour les installations d'eau potable) Ces tuyaux en PVC sont utilisés en standard en Mauritanie en tant que matériel des tuyaux de distribution, et les canalisations d'approvisionnement en eau du réseau de distribution vers chaque foyer de consommateurs sont également composées de tuyaux en PVC. Il n'y aura par conséquent pas de problème pour ce qui est de la gestion et de la maintenance, et l'utilisation de tuyaux en PVC pour le réseau des canalisations de distribution a été jugée appropriée.

### Equipements des pompes

Etant donné que les volumes de pompage à partir des ressources en eau seront supérieurs aux volumes d'approvisionnement en eau vers les régions desservies d'ici 2008, année cible du projet, ces volumes de prise seront ajustés afin d'être équivalents aux volumes d'approvisionnement par un contrôle du fonctionnement des pompes de prise. Toutefois, les six emplacements des ressources en eau étant disséminés sur une vaste superficie et en tenant compte de la gestion et de la maintenance après la mise en service des installations, l'emploi d'une méthode de contrôle sophistiquée ne se révélera probablement pas judicieux. Une méthode de mesure et de contrôle des pompes par

pression, relativement facile à gérer, sera par conséquent mise en pratique. Par ailleurs, le fonctionnement des pompes de transfert d'eau des stations de pompage de transfert d'eau sera semi-automatique. Ces pompes de transfert d'eau fonctionneront en continu 24 heures sur 24, et aucun contrôle particulier ne devant être envisagé si un personnel permanent est présent sur place, seul un dispositif d'arrêt automatique des pompes de transfert d'eau en cas d'urgence sera prévu, avec démarrage manuel des pompes.

#### (7) Orientations de base pour l'utilisation des puits existants

Les sources d'eau de la ville de Kiffa sont limitées et les nouveaux forages de la région des sources d'eau au nord-ouest ne suffiront pas à couvrir les demandes en eau de la ville. Par conséquent, les puits ayant une bonne qualité d'eau seront sélectionnés parmi les 1.000 puits existants de la ville et des pompes manuelles seront installées afin de fournir de l'eau potable. Il s'agit uniquement ici d'apporter le supplément en eau propre par des installations d'approvisionnement en eau de type urbain régional (branchements particuliers et bornes fontaines publiques) qui seront aménagées lors du présent projet, et ceci ne constitue qu'une mesure provisoire d'urgence. Si une exploitation des ressources en eau est effectuée à l'avenir par la partie mauritanienne, les puits avec pompes manuelles ne seront pas utilisés pour l'eau potable et pourront servir uniquement à fournir l'eau des besoins de la vie quotidienne. Par ailleurs, en ce qui concerne les puits existants sans pompes manuelles, une activité de sensibilisation sur l'hygiène sera donnée aux habitants afin qu'ils ne les utilisent pas pour l'eau potable.

Des coliformes ayant été relevés dans l'eau des puits existants de la ville, la désinfection à l'eau de Javel (hypochlorite de sodium) en vente à bas prix dans les drogueries locales sera obligatoire lors de l'approvisionnement à partir des puits avec pompes manuelles. A cet effet, des gardiens seront employés pour chaque puits avec pompes manuelles, qui seront chargés d'injecter le désinfectant et de récupérer les tarifs de l'eau.

#### (8) Orientations pour la période des travaux de construction

Les travaux de construction du présent projet incluent les travaux de pose de lignes électriques jusqu'aux stations de pompage de prise d'eau, effectués par la SONELEC, et les travaux de pose des tuyaux secondaires de distribution. Le calendrier des travaux de construction du présent projet sera par conséquent déterminé en tenant dûment compte du calendrier des travaux de la partie prise en charge par la SONELEC.

Par ailleurs, l'état des routes dans le désert se détériore pendant la saison des pluies et peut porter préjudice à la bonne circulation des véhicules. Un plan d'approvisionnement des équipements et matériels ainsi qu'un programme d'exécution des travaux seront établis en

tenant compte du plan de transport terrestre des équipements (de Nouakchott à Kiffa) et de l'accès au site dans ces conditions difficiles.

Les travaux du présent projet devraient durer en principe 19 mois mais la division détaillée en plusieurs phases est difficile en raison du fait que les installations ne peuvent fonctionner que lorsque l'ensemble du projet aura été terminé. Par conséquent, ce projet sera considéré comme deux tranches de l'emprunt national.

## 2.2.2 Concept de base

### 2.2.2.1 Plan d'ensemble

#### (1) Région du projet

##### 1) Emplacement de la région du projet

La ville de Kiffa a la zone un rayon de 20 km à partir du centre-ville en tant que zone administrative. Elle est composée d'une zone urbaine et de six villages voisins indépendants. La région concernée par le plan d'approvisionnement en eau du présent projet est limitée à la zone urbaine (étendue présentée dans la Figure 2.2.2.1-1).

La ville de Kiffa est située à environ 600 km de la capitale Nouakchott, dans le cercle de l'Assaba à l'intérieur du pays. Le cercle de l'Assaba qui a une superficie de 36.000 km<sup>2</sup> et compte une population de 225.484 habitants, fait partie de la région climatique désertique et sèche. La ville de Kiffa est le chef lieu du cercle de l'Assaba et elle occupe une position centrale dans ce cercle, un tiers environ de la population du cercle étant regroupée dans la ville. La préfecture, ainsi que le seul hôpital (50 lits, avec assistance technique de la Chine actuellement) de la région sont situés dans cette ville qui joue donc un rôle central sur le plan commercial et administratif.

Sur le plan historique, la ville de Kiffa était autrefois située sur la route des caravanes allant de Tagant, au sud, vers Nioro et Kayes. Après les grandes sécheresses des années 1970, de nombreuses populations nomades à la recherche de l'eau s'y sont sédentarisés pour former la ville actuelle. Aujourd'hui encore, 80 pour cent de la population vit de l'élevage et s'il existe des particuliers à leur compte ou de petites entreprises, comme les tailleurs et les réparateurs ainsi que de nombreux commerces de détail, il n'y a pas d'industrie caractéristique.

La ville de Kiffa possède deux zones urbaines, le quartier de l'ouest et le quartier de l'est, qui sont séparés par le Wadi Rhouda.

##### 2) Population de la région du projet

La région concernée par le projet d'approvisionnement en eau est la zone urbaine qui comptait une population de 60.921 habitants au moment de l'étude de développement (1997). Ce chiffre a été déterminé sur la base des résultats de l'enquête effectuée en 1997 par le Ministère du Plan en tenant compte des orientations de l'extension de la zone urbaine de la ville, enquête qui semble être la plus fiable puisqu'elle est basée sur le nombre supposé de résidences saisies par les photographies aériennes et le nombre de personnes par foyer. Une classification par quartier – comme indiqué ci-dessous - a été

élaborée par le ministère du Plan et reflète parfaitement la situation actuelle de la ville de Kiffa.

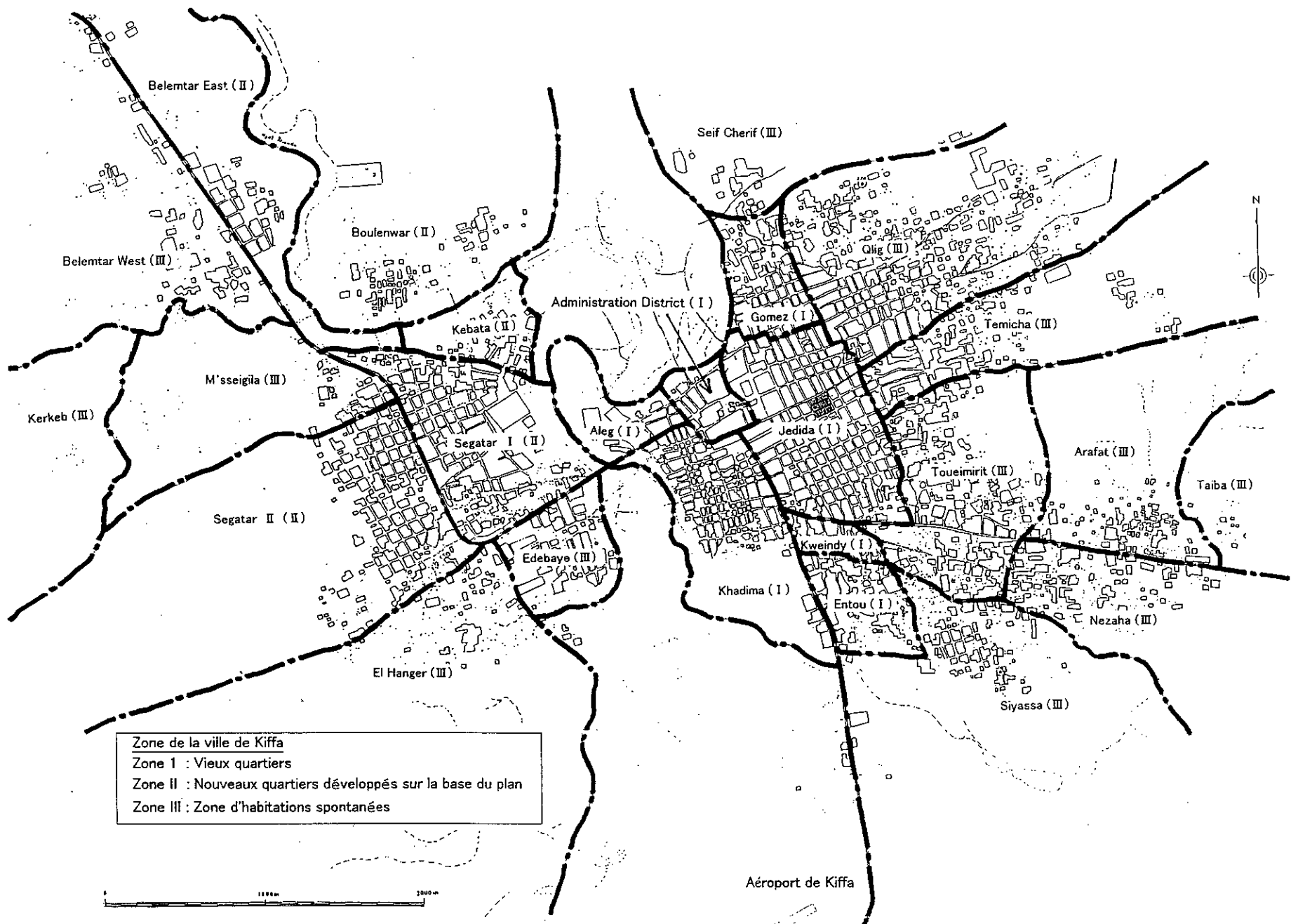
I : vieille ville

II : nouveau quartier urbain développé selon un plan d'urbanisme

III : quartier dont le développement s'est poursuivi naturellement

La classification par quartier de la ville de Kiffa est présentée dans la Figure 2.2.2.1-1 ci-après.

Figure 2.2.1-1 Carte de classification par quartier de la ville de Kiffa



Dans le Plan urbain de référence Kiffa de 1977, un taux de 2,9% d'augmentation de la population pour une moyenne d'ensemble de la ville a été appliqué, la brusque augmentation de la sédentarisation et les grands flux de population des années 80 semblant s'être relativement stabilisés. A partir de là, la population concernée par le présent projet a été calculée selon le tableau 2.2.2.1-1 en utilisant le taux d'augmentation annuelle de 2,9%, sur la base de l'étude du Plan urbain de 1997. Les résultats obtenus pour la population estimée en l'an 2000 sont pratiquement identiques aux 69.000 habitants environ comptés lors du recensement de population effectué en octobre 2000, informations qui ont été obtenues lors de l'étude du concept de base.

Tableau 2.2.2.1-1 Population du projet

Année	Population (habitants)
Au moment de l'étude de développement (1997)	60.921
2000	69.000
2005	77.000
2007	81.000
2008	83.000
2009	85.000
2015	100.000

- 3) Sélection des valeurs unitaires de la région du projet (volume d'eau approvisionné par habitant et par jour) et volume de la demande en eau

A l'heure actuelle, les sources d'eau pour les 69.000 habitants environ de la ville de Kiffa, répartis dans environ 10.000 foyers, proviennent des 1.060 puits et forages environ existants dans la ville. Les trois méthodes d'approvisionnement suivantes sont actuellement adoptées pour l'eau potable de la ville.

Puisage direct par les habitants dans les puits de la ville

Achat auprès de vendeurs d'eau (avec charrettes à ânes, chargées de bidons de 200 litres)

Achat auprès des camions citernes municipaux, de la SONELEC et des entreprises privées

Les volumes d'eau journaliers actuels, calculés à partir des données sur les volumes d'eau utilisés, obtenues lors de l'étude du concept de base du présent projet, sont présentés ci-après.

Puisage par les habitants dans les puits de la ville	: 500 m <sup>3</sup>
Achat auprès des vendeurs d'eau avec charrettes à ânes	: 650 m <sup>3</sup>
<u>Achat auprès des camions citernes</u>	<u>: 500 m<sup>3</sup></u>
Total	1.650 m <sup>3</sup>



D'après les volumes d'eau utilisés ci-dessus, les volumes d'eau fournis (volumes d'eau approvisionnés par habitant et par jour) pour les habitants de la ville de Kiffa (population de 69.000 habitants) ont été calculés à environ 24 litres par habitant et par jour.

Si les volumes d'eau approvisionnée pour les habitants ont légèrement augmenté par rapport aux 17 litres par habitant et par jour au moment de l'étude de développement (1997-1998) en raison de la mise en service d'approvisionnement en eau par la SONELEC de quatre nouveaux camions citernes en 1999, ils restent encore à un faible niveau, inférieur aux 24 litres par habitant et par jour, on peut juger que l'approvisionnement en eau effectué uniquement par camions et charrettes à ânes reste limité.

Par ailleurs, les ressources en eau peuvent être considérées comme extrêmement importantes en tenant compte de la situation de la ville de Kiffa, qui est située dans une zone continentale désertique subsaharienne, ne bénéficiant que de faibles précipitations, avec des eaux souterraines peu importantes et dont la population est en augmentation. En outre, il sera indispensable de restreindre dans une certaine mesure les volumes de consommation afin d'assurer un développement durable, en tenant compte des volumes d'eaux souterraines pouvant être exploités aux alentours de la ville de Kiffa.

Par conséquent, si l'approvisionnement de la ville en eau saine par canalisations est un élément indispensable sur le plan de l'hygiène urbaine, les volumes d'approvisionnement en eau prévus pour l'année cible du présent projet ne devront pas être brusquement augmentés d'un seul coup, mais devront tenir compte des volumes des eaux souterraines pouvant être utilisées ainsi que des capacités de prise en charge financière par les utilisateurs et inclure les volumes utilisés à partir des puits existants dans la ville (10 litres par habitant et par jour).

La SONELEC s'est fixé pour objectif un approvisionnement de 40 à 50 litres par habitant et par jour pour l'ensemble de la zone urbaine en Mauritanie. Toutefois, cette valeur sera impossible à atteindre si l'on tient compte des prévisions sur l'augmentation de la population de la ville de Kiffa et sur les volumes des ressources en eau des alentours dont l'exploitation est réalistement possible. Des restrictions sur les volumes approvisionnés permettront de procéder, d'une part, à l'exploitation appropriée des ressources en eau et, d'autre part, à une gestion et une maintenance durable des opérations d'approvisionnement en eau.

Par ailleurs, l'examen de la situation sociale et du développement de la ville permet de constater qu'il existe certaines zones dépourvues de routes où la pose de canalisations de distribution pour les branchements particuliers sera impossible, auquel cas des bornes-fontaines seront mises en place.

En fonction de ce qui précède, les volumes d'eau approvisionnés par habitant et par jour seront les suivants.

Branchements aux particuliers : 40 litres/habitant/jour/ (parmi lesquels 10 litres/h/j à partir des puits existants)

Bornes-fontaines publiques : 30 litres/habitant/jour (parmi lesquels 10 litres/h/j à partir des puits existants)

Les valeurs ci-dessus sont identiques à celles relevées au moment de l'étude de développement.

A partir de ce qui précède, les volumes d'eau demandée par année selon les méthodes d'approvisionnement du présent projet, sans compter les volumes approvisionnés par les puits existants dans la ville de Kiffa (10 litres/h/j) ont été calculés et sont présentés dans le Tableau 2.2.2.1-2.

D'autre part, des pourcentages respectifs de 65% et de 35% avaient été fixés pour la mise en place de branchements particuliers et de bornes fontaines publiques en l'an 2005 après la mise en service des installations. Toutefois, en raison de l'élargissement de la région faisant l'objet d'un développement conformément au plan d'urbanisme de la ville, on suppose que le pourcentage de branchements particuliers ira en augmentant et ces pourcentages ont été révisés à 80% et 20% respectivement à partir de l'an 2008.

Tableau 2.2.2.1-2 Evolution des volumes d'eau demandée selon les méthodes d'approvisionnement (m<sup>3</sup>/j)

Année	Méthode d'approvisionnement	Population desservie (habitants)	Volumes d'eau demandée	Remarques
2005	Branchements particuliers	50.000	1.500	Pourcentage de population approvisionnée par branchement particulier : 65%
	Bornes fontaines publiques	27.000	540	Pourcentage de population approvisionnée par bornes fontaines publiques : 35%
	Total	77.000	2.040	
2007	Branchements particuliers	61.000	1.830	Pourcentage de population approvisionnée par branchement particulier : 75%
	Bornes fontaines publiques	20.000	400	Pourcentage de population approvisionnée par bornes fontaines publiques : 25%
	Total	81.000	2.230	
2008	Branchements particuliers	66.000	1.980	Pourcentage de population approvisionnée par branchement particulier : 80%
	Bornes fontaines publiques	17.000	340	Pourcentage de population approvisionnée par bornes fontaines publiques : 20%
	Total	83.000	2.320	
2009	Branchements particuliers	68.000	2.040	Pourcentage de population approvisionnée par branchement particulier : 80%
	Bornes fontaines publiques	17.000	340	Pourcentage de population approvisionnée par bornes fontaines publiques : 20%
	Total	85.000	2.380	
2015	Branchements particuliers	80.000	2.400	Pourcentage de population approvisionnée par branchement particulier : 80%
	Bornes fontaines publiques	20.000	400	Pourcentage de population approvisionnée par bornes fontaines publiques : 20%
	Total	100.000	2.800	

4) Volumes d'eau pompée et qualité de l'eau des puits existants en tant que sources d'eau (Plan général de développement des ressources en eau)

Forage et puits existants (sources d'eau)

Dans le cadre du présent projet, les forages de reconnaissance effectués lors de l'étude de développement seront utilisés comme forages de production, parallèlement aux puits existants, et aucun nouveau forage ne sera réalisé. Les puits existants qui seront utilisés en tant que sources d'eau pour le présent projet sont indiqués dans le Tableau 2.2.2.1-3, les puits situés dans la région des sources d'eau au nord-ouest étant présentés dans la Figure 2.2.2.1-2 et ceux de la ville de Kiffa dans la Figure 2.2.2.1-3.

Tableau 2.2.2.1-3 Forages et puits existants qui seront utilisés en tant que sources d'eau pour le présent projet

Sources d'eau	Méthode de pompage (prévue)	Forages et Puits prévus pour le pompage	Situation actuelle
Région des sources d'eau au nord-ouest (eaux souterraines)	Pompes submersibles	JF-2, JF-5A, JF-7B, JF-13A, F-5, F-6	Forages de reconnaissance
Ville de Kiffa (eaux souterraines)	Pompes submersibles	No.127	Puits pour approvisionnement des camions citernes
	Pompe manuelle	No.51, No.272, No.388, No.450, No.532, No.548, No.661, No.722, No.752, No.984, No.985, No.1039	Sources d'eau pour les habitants des environs et des vendeurs d'eau, puisage manuel avec des seaux

Les forages JF-2, JF-5A, JF-7B et JF-13A sont des forages de reconnaissance réalisés par la JICA lors de son étude de développement, F-5 et F-6 étant de même des forages de reconnaissance réalisés par la SONELEC. Le forage F-6 est doté d'une pompe submersible mais n'est pas en usage actuellement.

Le puits n°127 appartient à la ville et sert de ressources en eau aux camions citernes. Les puits où les pompes manuelles seront mises en place sont des puits très utilisés et de grande utilité publique parmi les puits existants ayant une bonne qualité d'eau. Ces puits appartiennent à des particuliers mais ils sont tout de même utilisés publiquement en raison du contexte culturel de la Mauritanie et les enquêtes verbales effectuées auprès des habitants résidant à leurs alentours ont montré qu'il n'y aurait aucun problème à relever en ce qui concerne leur utilisation dans le cadre du présent projet.

#### Qualité de l'eau des sources d'eau

##### Répartition de la qualité de l'eau sources d'eau dans les régions

Le développement des eaux souterraines n'ayant pratiquement pas été effectué dans la région nord-ouest, aucune information détaillée sur la répartition de la qualité de l'eau des sources d'eau n'a pu être obtenue. On peut néanmoins prévoir, de par la médiocrité de l'infiltration des aquifères et la lenteur du déplacement des eaux souterraines, une forte tendance à la salinité dans cette région.

Pour évaluer les puits existants dans la ville de Kiffa sur le plan de leur utilisation en tant que ressources en eau, il est indispensable d'identifier tout d'abord la qualité de leurs eaux. Le résultat de la qualité de l'eau de l'étude de développement a montré que les valeurs critères de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) étaient dépassées pour ce qui est de la salinité, de la teneur en azote de nitrate, en azote ammoniacal et en coliformes.

L'évaluation des eaux souterraines de la ville de Kiffa en tant qu'eau potable montre qu'une classification peut être effectuée selon le degré de convenance, comme le montre la Figure 2.2.1-4. Toutefois, les coliformes pouvant être éliminés par l'adjonction d'un désinfectant à base de chlore, ils n'ont pas été pris en compte lors de cette évaluation. L'évaluation globale de la qualité des eaux souterraines de la ville de Kiffa montre que, dans les régions éloignées de la zone urbaine (en particulier dans la région nord-ouest de la ville), l'eau est de bonne qualité et convient comme eau potable. Dans le centre de la zone urbaine, les eaux sont largement contaminées par l'azote de nitrate ou l'azote ammoniacal et ne conviennent donc à la boisson que dans des zones limitées. Ces puits existants dans la ville de Kiffa dont les eaux sont considérées comme potables seront utilisés efficacement, en prenant des mesures de protection des ressources en eau, et dans le cadre du présent projet, les puits de grande utilité publique ayant une bonne qualité d'eau seront équipés de pompes manuelles.

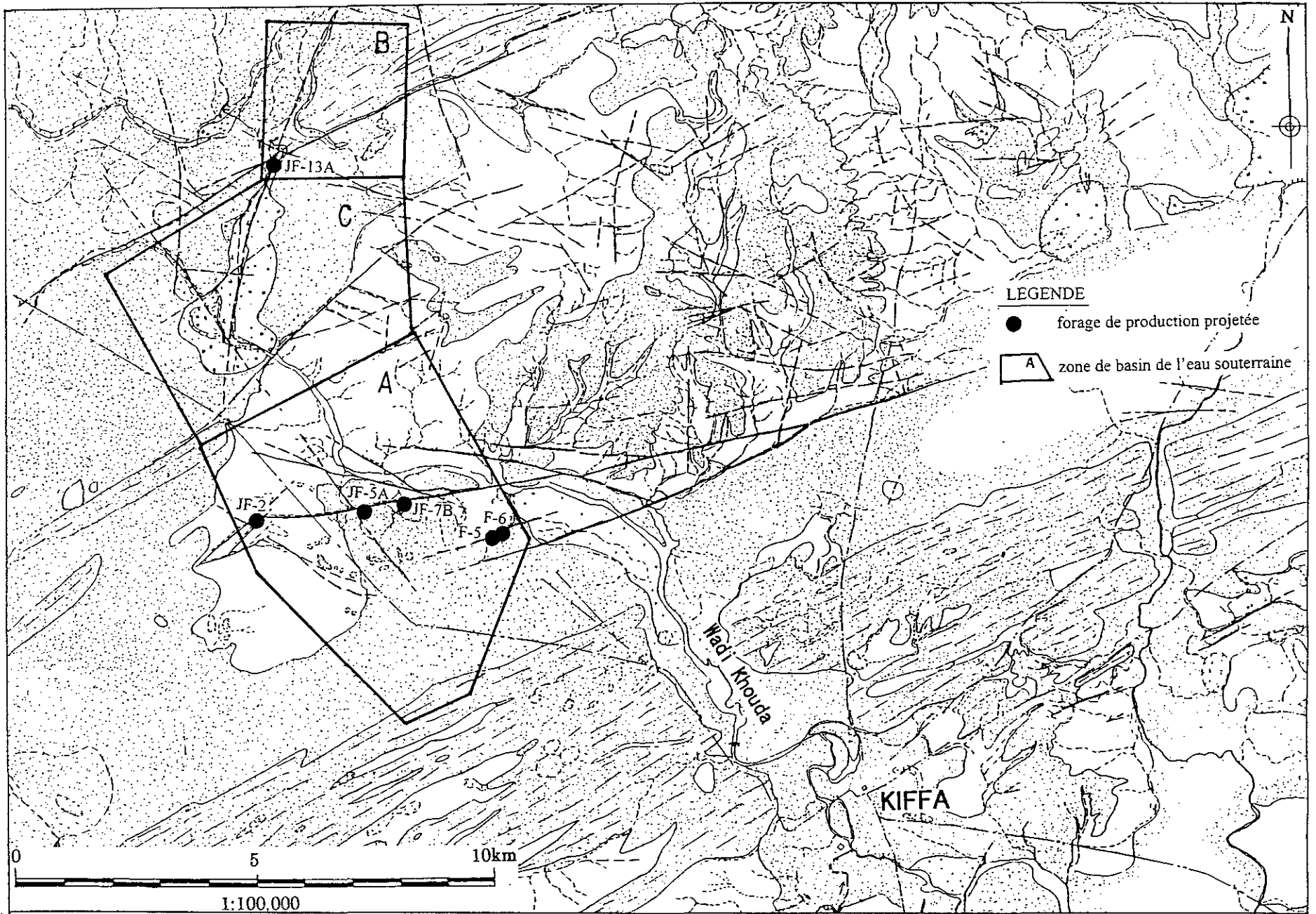


Figure 2.2.2.1-2 Division des bassins des eaux souterraines et disposition des forages de production du projet

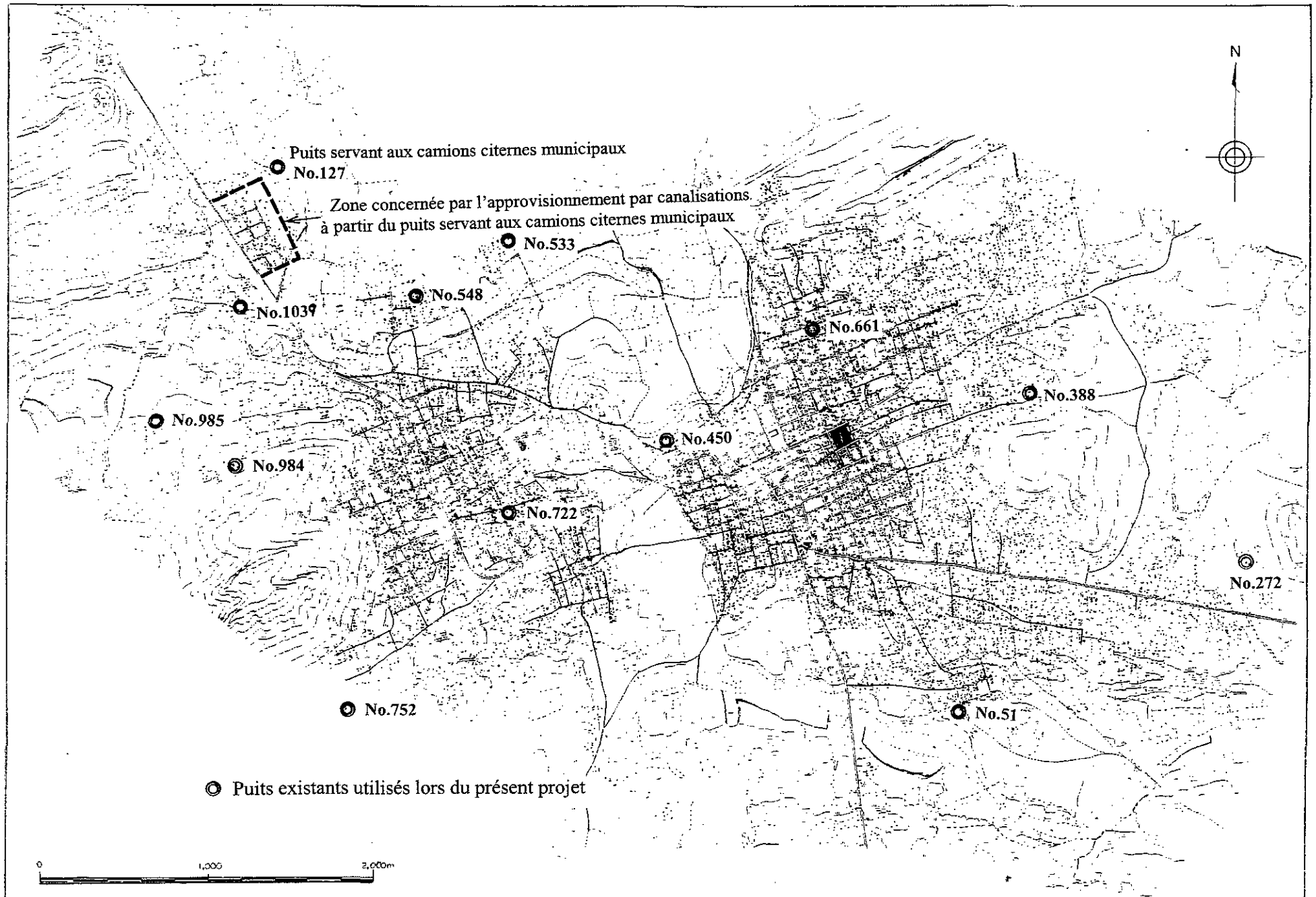


Figure 2.2.2.1-3 Disposition des puits existants de la ville de Kiffa utilisés lors du présent projet et numéros indiqués dans un inventaire des puits



Figure 2.2.2.1-4 Répartition de la qualité des eaux souterraines de la ville de Kiffa



### **Qualité de l'eau de chaque puits en tant que sources d'eau**

Les résultats des analyses effectuées en avril 2001 sur la qualité de l'eau de la totalité des forages et des puits dont l'utilisation est prévue dans le cadre du présent projet sont présentés dans le Tableau A8-2 de l'Appendice-8. En ce qui concerne les six forages de reconnaissance situés dans la zone nord-ouest et qui seront utilisés pour le présent projet, des chiffres nettement inférieurs aux valeurs critères ont été relevés, à l'exception des coliformes et des bactéries ordinaires trouvées dans les eaux de JF-13A. Par conséquent, l'eau de ces puits conviendra comme eau potable si elle est désinfectée au chlore. Un puits destiné au bétail est situé à proximité du forage JF-13A et de grandes quantités d'excréments des moutons, des bovins et des chameaux, entre autres, se trouvent aux alentours du puits et sont probablement à l'origine de cette contamination bactérienne. En tant que mesures de protection, il sera nécessaire de mettre en place une clôture afin d'éviter l'entrée du bétail aux alentours du forage de production, et d'aménager le puits destiné au bétail pour empêcher la pénétration de polluants dans les eaux de ce puits. Pour ce qui est des 5 autres forages de reconnaissance, une clôture sera également prévue pour éviter que le bétail ne vienne s'y abreuver à l'avenir.

Dans tous les puits existants de la ville qui seront équipés de pompes manuelles, des coliformes et des bactéries ordinaires ont été détectées. Il sera par conséquent nécessaire de procéder à la désinfection des réservoirs d'eau de chaque foyer à l'eau de Javel (hypochlorite de sodium), commercialisée à bas prix sur le marché.

Ces puits situés dans la ville n'étant pas dotés de couvercle et restant ouverts en permanence, les agents polluants à la surface du sol peuvent y pénétrer facilement. Toutefois, aucune bactérie n'a été décelée dans le puits également situé dans la ville et servant à l'approvisionnement des camions citernes qui a été équipé d'une pompe et entièrement fermé par un couvercle. Par conséquent, les puits existants de la ville seront équipés de pompes manuelles, leur ouverture sera entièrement fermée par un couvercle et l'amélioration de l'évacuation de leurs alentours permettra d'éviter la contamination par les bactéries et l'azote de nitrate provenant des excréments.

Par ailleurs, l'analyse de l'eau du puits n°1, situé sur le terrain de la Direction de l'Hydraulique et où l'installation d'une pompe manuelle était prévue, a révélé une conductivité électrique élevée et la présence d'une forte teneur en azote de nitrate dans ce puits dont l'eau ne convient par conséquent pas comme eau potable et dont la qualité ne pourra probablement pas être rapidement améliorée. Par conséquent, le puits n°1 sera exclus des travaux d'installation de pompe manuelle et c'est le puits n°984, situé dans une zone où la pose de canalisations n'est pas prévue dans le cadre du présent projet qui sera équipé de pompe(s).

## Volume d'eaux souterraines exploitables

### Volume d'eaux souterraines exploitables de la région des sources d'eau au nord-ouest

L'étude des forages de reconnaissance effectuée lors de l'étude de développement ont montré la présence, dans une région comprise entre 12 et 20 km environ au nord-ouest de Kiffa, d'importants volumes d'eaux souterraines de bonne qualité dans la partie altérée de surface constituée de pélites avec de nombreuses crevasses, en particulier le long des failles.

La répartition des nappes d'eaux souterraines de la région des sources d'eau, découvertes lors de l'étude de développement, est présentée dans la Figure 2.2.2.1-5. Dans chaque division des bassins des eaux souterraines spécifiée sur cette carte, les quantités de recharge des eaux souterraines ont été calculées à partir de la superficie de la zone, des précipitations annuelles et du pourcentage d'infiltration des eaux de pluies dans le sol. La valeur de 249,8 mm/an, chiffre annuel moyen déterminé sur la base du volume des précipitations des dix dernières années (1991 à 2000), a été appliquée, avec un pourcentage de 10% pour l'infiltration des eaux de pluies, obtenu à partir de l'étude du bilan hydraulique de la ville de Kiffa. Les volumes exploitables par zone (volumes de pompage assurés) ont été déterminés à 80% des volumes de recharge. Les résultats du calcul des volumes de recharge des eaux souterraines et des volumes des eaux souterraines exploitables qui ont été recherchés par zone sont indiqués dans le Tableau 2.2.2.1-4.

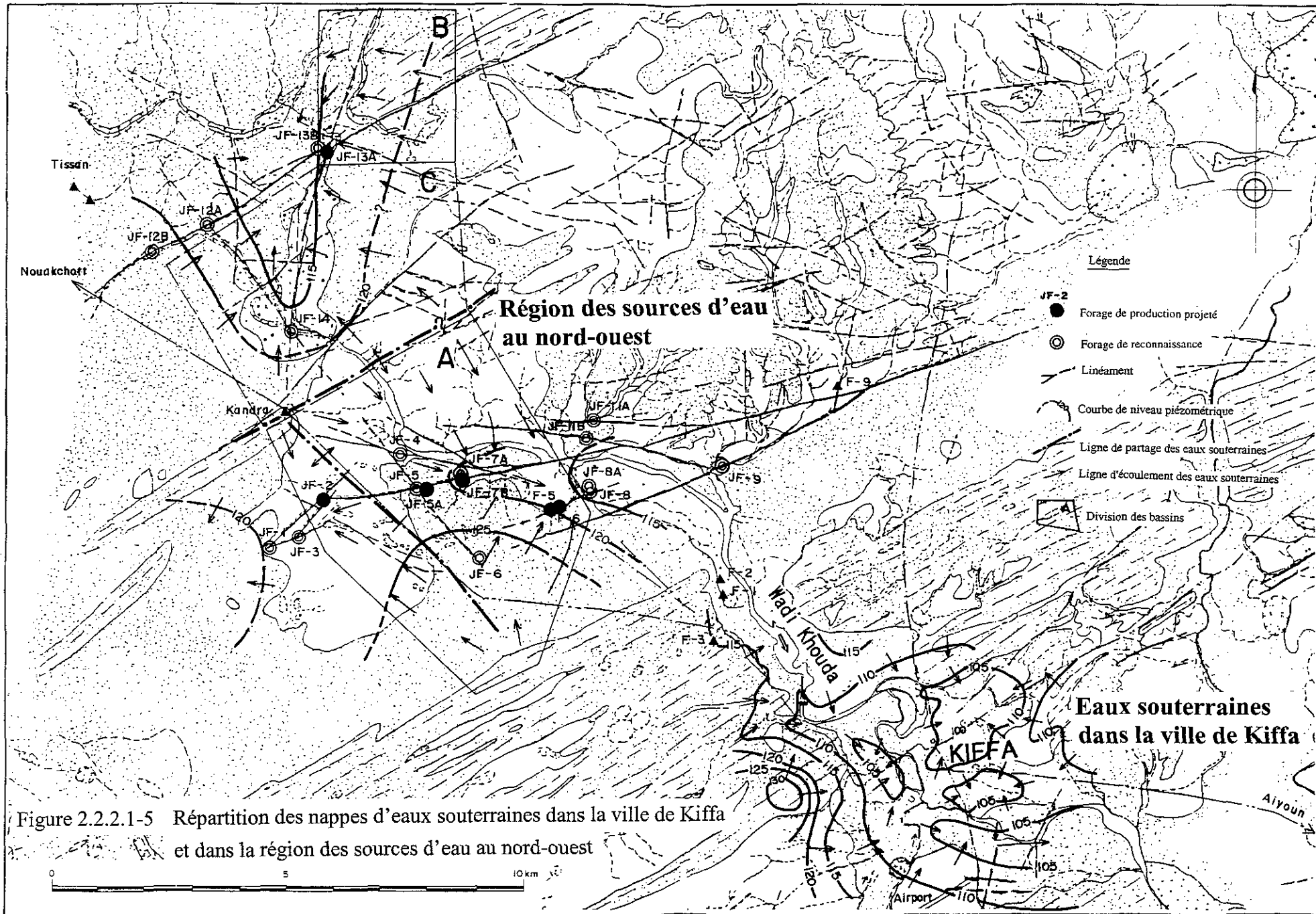
Tableau 2.2.2.1-4 Volume de recharge des eaux souterraines et volume des eaux souterraines exploitables de la région des sources d'eau au nord-ouest

Division de région des bassins des eaux souterraines	Superficie (km <sup>2</sup> )	Volume de recharge (m <sup>3</sup> /an)	Volume exploitable (m <sup>3</sup> /an)	Volume supposé de pompage actuel (m <sup>3</sup> /an)	Forages de production (prévus)
Zone A	34	850.000	680.000	5.000	JF-2, JF-5A, JF-7B, F-5, F-6
Zone B	9	220.000	180.000	3.000	JF-13A
Sous-total	43	1.070.000	860.000	8.000	-
Zone C	21	520.000	420.000	10.000	Exploitation prévue à l'avenir
Total	64	1.590.000	1.280.000	18.000	-

Comme l'indique le tableau ci-dessus, le volume de recharge ainsi que le volume exploitable dans les divisions A et B, où sont situés les six forages de reconnaissance qui seront utilisés comme forages de production dans le présent projet, sont respectivement de 1.070.000 m<sup>3</sup>/an environ et de 860.000 m<sup>3</sup>/an environ. Par ailleurs, au cas où les eaux souterraines de la zone C, située entre les zones A et B, seraient exploitées à l'avenir, le

volume de recharge ainsi que le volume exploitable pour les trois zones se monteront respectivement au total à 1.590.000 m<sup>3</sup>/an environ et 1.280.000 m<sup>3</sup>/an environ.

La situation actuelle pour ce qui est du volume de pompage dans chaque zone est la suivante. Dans la zone A, il n'existe que dix puits situés dans le lit de le Wadi Rhouda, qui fournissent l'eau nécessaire aux besoins quotidiens du village et à l'irrigation de petite envergure. Dans la zone B, il n'existe qu'un seul puits utilisé uniquement pour abreuver le bétail. La zone C regroupe un forage pour les ressources en eau avec système d'approvisionnement en eau par énergie solaire pour le village de Kandra ainsi que 20 puits. Comme le montre le Tableau 2.2.2.1-4, le volume actuel supposé de pompage par les puits existants est extrêmement faible comparé au volume exploitable.



### Volume d'eaux souterraines exploitables de la ville de Kiffa

L'augmentation du volume de la rétention des eaux souterraines due à l'infiltration des eaux de pluie dans la région a été calculée à partir de la différence de niveau des eaux souterraines durant la saison sèche et durant la saison des pluies, ainsi que du pourcentage interstitiel effectif des aquifères et qui a été définie comme les volumes de recharges des eaux souterraines.

Les volumes de recharge des eaux souterraines de la ville de Kiffa, calculés approximativement à partir d'une différence de niveau d'eau d'environ 70 cm entre la saison des pluies et la saison sèche - selon les résultats des observations du niveau d'eau entre avril 1997 et juin 1998 dans la ville de Kiffa -, d'une superficie de 21,1 km pour les aquifères et d'un pourcentage interstitiel effectif de 2%, sont présentés dans le Tableau 2.2.2.1-5. Par ailleurs, à partir du point de vue des volumes de prise appropriés, étant donné que les aquifères de Kiffa sont situés dans une couche altérée du socle rocheux avec faible infiltration, les volumes des eaux souterraines exploitables seront probablement limités à 80% environ de ces volumes de recharge. Par conséquent, le volume des eaux souterraines exploitables pour la ville de Kiffa a été calculé à environ 240.000 m<sup>3</sup> par an.

Toutefois, l'année 1997 a été une année sèche, avec seulement 147,9 mm de précipitations, la moitié des puits s'étant asséchés à la fin de saison sèche. En prenant pour hypothèse une valeur pour une année normale à partir des 249,8 mm/an de précipitations annuelles moyennes durant les dix dernières années de 1991 à 2000, le volume des eaux souterraines de recharge est de 510.000 m<sup>3</sup>/an environ et le volume des eaux souterraines exploitables est approximativement de 410.000 m<sup>3</sup>/an.

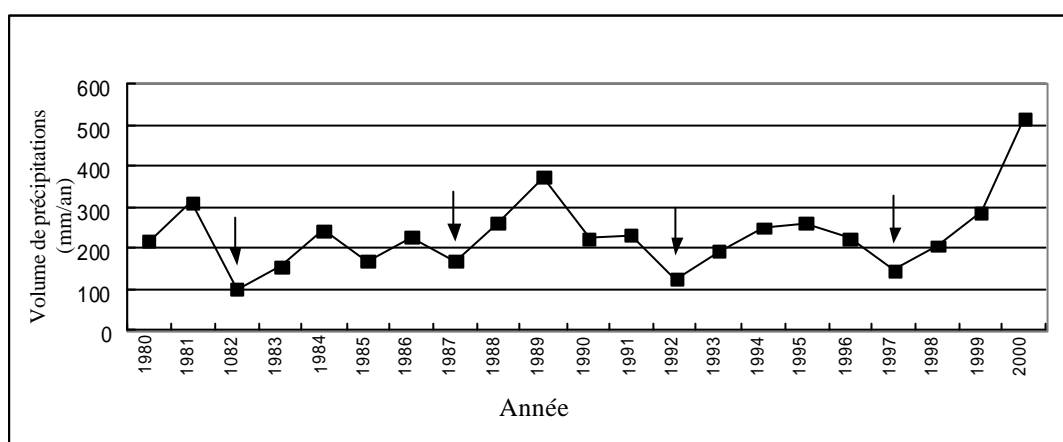
Tableau 2.2.2.1-5 Volumes supposés d'eaux souterraines de recharge et volumes exploitables dans la ville de Kiffa

	Volume d'eaux souterraines de recharge (m <sup>3</sup> /an)	Volume d'eaux souterraines exploitables (m <sup>3</sup> /an)	Volume de prise des eaux souterraines (m <sup>3</sup> /an)	Volume de prise excédentaire (m <sup>3</sup> /an)
Année de sécheresse (1997)	300.000	240.000	330.000 (1997)	90.000 (1997)
Année normale (moyenne sur 10 ans)	510.000	410.000	360.000 (2000)	-50.000 (2000)

En outre, à partir de la population de la ville de Kiffa et des volumes d'eau utilisés par habitant, les volumes de prise des eaux souterraines ont été estimés à 330.000 m<sup>3</sup>/an pour 1997 et à 360.000 m<sup>3</sup>/an pour l'an 2000. On suppose également que, durant l'année de sécheresse de 1997, les volumes de pompage possibles ont enregistré un excédent de 90.000 m<sup>3</sup>/an. Lors des années normales, les prises d'eau en excédent n'ont pas lieu mais

elles se produisent durant les années où les précipitations sont inférieures à 200 mm, et de nombreux puits sont alors asséchés. Pour ce qui est des années avec des précipitations annuelles inférieures à 200 mm, elles sont au nombre de 7 sur une période de 21 ans, de 1980 à 2000, à savoir un rapport d'un tiers. Par ailleurs, comme le montre la Figure 2.2.2.1-6, les années de grande sécheresse se reproduisent par cycle de 5 ans. Les eaux souterraines de la ville de Kiffa, bien que réparties à l'intérieur du socle rocheux, sont des eaux de nappes phréatiques directement sous l'influence des précipitations. Par conséquent, il sera nécessaire de tenir compte de la fréquence de ces années de sécheresse lors de l'exploitation des eaux souterraines de la ville de Kiffa.

Figure 2.2.2.1-6 Evolution à long terme des volumes de précipitations annuelles (Observatoire météorologique de Kiffa)



Plan d'exploitation de l'ensemble des ressources en eau (Plan d'exploitation des eaux souterraines)

Les ressources en eau utilisées pour les besoins de la vie quotidienne dans la ville de Kiffa proviennent uniquement des eaux souterraines. Le Tableau 2.2.2.1-6 ci-après présente un plan d'exploitation de l'ensemble des ressources en eau, élaboré sur la base des volumes exploitables des eaux souterraines dans chacune des régions de sources d'eau, des volumes de pompage actuels, et de la demande future en eau.

Tableau 2.2.2.1-6 Plan d'exploitation de l'ensemble des ressources en eau Unités : m<sup>3</sup>/an

Régions des sources d'eau		Volumes exploitables	2000	2005	2008	2010	2015	2018
Région des sources d'eau au nord-ouest	Zone A	680.000	5.000	537.000	<b>636.000</b>	<b>677.000</b>	680.000	680.000
	Zone B	180.000	3.000	180.000	<b>180.000</b>	<b>180.000</b>	180.000	180.000
	Zone C	420.000	10.000	10.000	<b>10.000</b>	10.000	305.000	420.000
	Sous-total	1.280.000	18.000	727.000	<b>826.000</b>	867.000	1.165.000	1.280.000
Ville de Kiffa		410.000 (240.000)*	360.000	317.000	<b>341.000</b>	359.000	240.000	240.000
Total		1.690.000	540.000	1.044.000	<b>1.167.000</b>	1.226.000	1.405.000	1.520.000

(\*)\* : Volumes exploitables pendant les années de sécheresse

Les volumes exploitables des eaux souterraines dans la région des sources d'eau au nord-ouest sont de 1.280.000 m<sup>3</sup>/an au total. D'autre part, les volumes de pompage actuels sont de 18.000 m<sup>3</sup>/an et ne représentent donc que le pourcentage extrêmement faible de 1,4% de ces volumes exploitables. Il existe actuellement 5 forages de reconnaissance dans la zone A et un forage de reconnaissance dans la zone B et, si ces six forages deviennent des forages de production, il sera possible d'exploiter 860.000 m<sup>3</sup>/an, à savoir le volume exploitable des eaux souterraines pour les deux régions. Toutefois, les volumes de pompage prévus en 2010 pour la zone A et pour la zone B passant au total à 857.000 m<sup>3</sup>/an et ne laissant pas de marge aux ressources en eau, il sera nécessaire de prévoir une nouvelle exploitation des eaux souterraines dans la zone C à partir de 2011. Si cette nouvelle exploitation des eaux souterraines dans la zone C est couronnée de succès, les demandes en eau de la ville de Kiffa jusqu'en 2018 pourront être couvertes par l'exploitation des eaux souterraines des régions des sources d'eau au nord-ouest.

En ce qui concerne les eaux souterraines de la ville de Kiffa qui servent de ressources en eau aux 1000 puits environ existants, le volume de pompage était de 360.000 m<sup>3</sup>/an pour l'an 2000 mais en 2005, lorsque la construction des installations d'approvisionnement en eau sera terminée, il diminuera à 317.000 m<sup>3</sup>/an en raison de la disparition de l'approvisionnement en eau effectué par les 4 camions citernes (8 m<sup>3</sup>) de la SONELEC une fois les installations mises en place et, par conséquent de la diminution des volumes de pompage des puits servant actuellement à alimenter ces camions. Toutefois, étant donné que le présent projet prévoit de couvrir les demandes en eau par habitant (40 litres/habitant pour branchement particulier ; 30 litres/habitant pour borne fontaine publique) en utilisant 10 litres/habitant à partir des puits existants de la ville, les volumes de pompage des eaux souterraines de Kiffa augmenteront petit à petit jusqu'en 2010. Si l'exploitation des eaux souterraines est réalisée dans la zone C de la région des sources d'eau au nord-ouest à partir de 2011, il serait souhaitable que le volume de prise des eaux souterraines de la ville de Kiffa diminue jusqu'au volume exploitable de 240.000 m<sup>3</sup>/an pendant les années de sécheresse.

Pour ce qui est des sources d'eau au nord-ouest de la ville de Kiffa après 2018, la zone de grès à l'est de Kiffa présente de fortes possibilités pour l'exploitation des eaux souterraines. En 1979, durant la période de construction de la Route de l'espoir allant de Nouakchott à Néma, cinq forages ont été réalisés à 23 km à l'est de Kiffa (PK23) (Voir Tableau 2.2.2.1-7), et deux d'entre eux ont été couronnés de succès, le forage FM3A avec un volume de pompage de 17 m<sup>3</sup>/h (149.000 m<sup>3</sup>/an) et le forage FM3B avec un volume de pompage de 20 m<sup>3</sup>/h (175.000 m<sup>3</sup>/h). Ces forages ont continué à être utilisés après les travaux de construction routière comme points d'abreuvement du bétail jusqu'en 1997, et

sont actuellement à l'abandon en raison de leur vétusté. La durée de vie d'un forage est d'environ 30 ans et, en 2018, lorsqu'il sera nécessaire de procéder à une nouvelle exploitation des eaux souterraines, ces forages seront âgés de plus de 40 ans après leur construction. Il sera donc impossible d'utiliser ces forages existants en l'état actuel et il faudra procéder à une nouvelle exploitation des eaux souterraines dans la région. D'autre part, les cinq forages effectués lors de la construction routière ont été excavés sur le linéament déterminé par l'interprétation des photographies aériennes mais le forage FM3C, situé à uniquement 154 m du forage FM3A n'a donné qu'un volume de pompage de 1,5 m<sup>3</sup>/h alors que le forage FM3G, situé à 367 m du forage FM3A ne donnait que 0,7 m<sup>3</sup>/h. Les grès de cette région ont des particules très fines, liées entre elles par une cimentation, et les eaux souterraines s'accumulent et sont présentes dans les parties des craquelures des grès. Par conséquent, le potentiel d'exploitation future des eaux souterraines de cette région est élevé mais, afin que cette exploitation se révèle véritablement efficace, il sera nécessaire de confirmer le linéament par l'observation des photographies aériennes et par une reconnaissance sur terrain, et de déterminer l'emplacement de ce linéament par prospection électrique. Il sera par ailleurs nécessaire, afin d'assurer une exploitation durable des eaux souterraines, de procéder à une étude hydrogéologique d'ensemble et de calculer les volumes d'eaux souterraines exploitables dans la région.

Tableau 2.2.2.1-7 Forages existants à 23 km à l'est de Kiffa

N° de forages	Profondeur du forage	Niveau d'eau statique	Débit	Rabattement	Situation actuelle
FM 3A	113,5m	17m	17m <sup>3</sup> /h	20m	Une pompe submersible était installée, mais le forage a été abandonné environ à partir de l'année 1997 en raison de sa vétusté.
FM 3B	98m	20m	20m <sup>3</sup> /h	25,2m	Une pompe submersible était installée, mais le forage a été abandonné environ à partir de l'année 1997 en raison de sa vétusté.
FM 3C	110m	21	1,5 m <sup>3</sup> /h	-	Aucun tubage n'a été mis en place en raison de l'insuffisance des volumes de pompage et le forage a été abandonné.
FM 3D	119,3m	20,9m	8 m <sup>3</sup> /h	58m	Aucun tubage n'a été mis en place en raison de l'importance de la baisse de niveau et de la lenteur à la reprise et le forage a été abandonné.
FM 3G	120m	-	0,7 m <sup>3</sup> /h	-	Aucun tubage n'a été mis en place en raison de l'insuffisance des volumes de pompage et le forage a été abandonné.

Plans de pompage prévus pour le présent projet



Le tableau 2.2.2.1-8 présente des plans de pompage prévus par région de sources d'eau du présent projet, basés sur le plan d'exploitation de l'ensemble des ressources en eau détaillé ci-dessus.

Tableau 2.2.2.1-8 Plans de pompage prévus par région de sources d'eau du présent projet

Unités ; m<sup>3</sup>/an (m<sup>3</sup>/j)

Région de sources d'eau	2005	2006	2007	2008	2010	2015	Forages de production (prévus)
Zone A de la région des sources d'eau au nord-ouest	532.000 (1.456)	563.000 (1.543)	599.000 (1.640)	<b>631.000</b> <b>(1.727)</b>	672.000 (1.841)	675.000 (1.850)	JF-2. JF-5A. JF-7B. F-5. F-6
Zone B de la région des sources d'eau au nord-ouest	177.000 (485)	177.000 (485)	177.000 (485)	<b>177.000</b> <b>(485)</b>	177.000 (485)	177.000 (485)	JF-13A
Zone C de la région des sources d'eau au nord-ouest	0	0	0	<b>0</b>	0	295.000 (807)	Exploitation nouvelle par la partie mauritanienne prévue à partir de 2011.
Zone du quartier Belemtar	36.000 (99)	37.000 (102)	38.000 (105)	<b>39.000</b> <b>(108)</b>	42.000 (114)	48.000 (132)	N°127 (puits appartenant à la ville)
Sous-total (installations d'approvisionnement en eau potable)	745.000 (2.040)	777.000 (2.130)	814.000 (2.230)	<b>847.000</b> <b>(2.320)</b>	891.000 (2.440)	1.195.000 (3.274)	
Puits existants dans la ville (10 litres/habitant)	281.000 (770)	288.000 (790)	296.000 (810)	<b>303.000</b> <b>(830)</b>	318.000 (870)	192.000 (526)	Puits existants incluant 12 puits avec pompe manuelle
Total (volume total d'approvisionnement en eau)	1.026.000 (2.810)	1.065.000 (2.920)	1.110.000 (3.040)	<b>1.150.000</b> <b>(3.150)</b>	1.209.000 (3.310)	1.387.000 (3.800)	

#### Volume de pompage approprié et volume de pompage prévu pour chaque puits de sources d'eau

En ce qui concerne un puits existant appartenant à la ville dans le quartier de Belemtar, les 300 m<sup>3</sup>/jour environ de diminution du volume d'eau - en raison de la suppression de la prise d'eau des 4 camions citernes gérés par la SONELEC - sont très importants par rapport au volume de pompage prévu de 108 m<sup>3</sup>/jour (en l'an 2008) du présent projet. Par conséquent, le volume de pompage prévu a été déterminé à un niveau nettement inférieur au volume de pompage approprié.

Pour les 12 puits existants de la ville qui seront équipés de pompes manuelles, le volume de pompage est d'environ 26 m<sup>3</sup>/jour dans les puits avec des volumes de pompage abondants comme le n°450 et 661. Le volume de pompage après la mise en place de pompes manuelles sera de 6.19 m<sup>3</sup>/jour selon les capacités de pompage des pompes manuelles et les heures d'opération prévues (Voir 2.2.10 Plan d'amélioration des puits existants de la ville). Même en installant deux pompes manuelles par puits, le volume de pompage diminue de moitié pour passer à 12,38 m<sup>3</sup>/jour. Par conséquent, l'installation de pompes manuelle a pour effet de limiter volumes de pompage des eaux souterraines de la ville. En installant une pompe manuelle par puits dans 10 puits et deux pompes manuelles dans 2 puits, pour un total de 14 pompes manuelles mises en place dans les puits existants de la ville, le volume de pompage prévu sera de 87 m<sup>3</sup>/jour. Le volume insuffisant de 743 m<sup>3</sup>/jour par rapport au volume de pompage prévu de 830 m<sup>3</sup>/jour d'ici 2008 sera donc approvisionné par le puisage traditionnel

avec des seaux dans les 1000 puits existants de la ville. Toutefois, étant donné que l'eau puisée de manière traditionnelle n'est pas saine, il serait souhaitable qu'elle ne soit pas employée comme eau potable mais réservée aux besoins en eau de la vie quotidienne, comme par exemple la lessive et le bain. Une formation sur les méthodes d'utilisation des puits traditionnels sera également prévue en tant que composants logiciels (*soft components*) du présent projet, dans le cadre de l'éducation sur l'hygiène destinée aux habitants.

En ce qui concerne pour les forages prévus pour la prise d'eau dans la région des sources d'eau au nord-ouest, qui constitueront les principales ressources du présent projet, le tableau 2.2.2.1-9 présente les volumes de pompage appropriés et les volumes de pompage prévus pour chaque forage de reconnaissance, calculés lors des essais de pompage durant l'étude de développement et durant la dernière étude.

Tableau 2.2.2.1-9 Volumes de pompage appropriés d'après les résultats des essais de pompage

N° de forage	Volume de pompage approprié par essai de pompage durant l'étude de développement	Volume de pompage approprié par essai de pompage durant la dernière étude	Volumes de pompage prévus	Remarques
JF-2	11 m <sup>3</sup> /h	10 m <sup>3</sup> /h	8 m <sup>3</sup> /h * <sup>1</sup>	* <sup>1</sup> Le niveau d'eau ne baisse pas à l'inférieur de la position d'une crépine.
JF-5A	5 m <sup>3</sup> /h	5 m <sup>3</sup> /h	5 m <sup>3</sup> /h	
JF-7B	18 m <sup>3</sup> /h	15 m <sup>3</sup> /h	10 m <sup>3</sup> /h * <sup>2</sup>	* <sup>2</sup> Le niveau d'eau ne baisse pas à l'inférieur de la position d'une crépine.
JF-13A	30 m <sup>3</sup> /h	25 m <sup>3</sup> /h	25 m <sup>3</sup> /h	
F-5	75 m <sup>3</sup> /h	Plus de 45 m <sup>3</sup> /h * <sup>3</sup>	37 m <sup>3</sup> /h	* <sup>3</sup> Limite de volume de pompage par une pompe submersible pour puits de 150 mm de diamètre
F-6	-	Plus de 18,1 m <sup>3</sup> /h * <sup>4</sup>	15 m <sup>3</sup> /h	* <sup>4</sup> Limite de volume de pompage par une pompe submersible pour puits de 100 mm de diamètre
Total	139 m <sup>3</sup> /h	Plus de 118 m <sup>3</sup> /h	100 m <sup>3</sup> /h	

Etant donné que pour F-5 et F-6, la capacité maximum de pompage des pompes n'atteint pas la limite du volume de pompage, les volumes de pompage appropriés et les volumes de pompage prévus ont été déterminés à partir des capacités de pompage des pompes submersibles pouvant pénétrer par le diamètre du tubage (7 pouces pour F-5 et 4,5 pouces pour F-6).

Dans le cas où la prise d'eau a lieu pendant une période prolongée en abaissant le niveau d'eau à l'inférieur de la position d'une crépine, celle-ci risque de se boucher et les pompes submersibles de tomber en panne. Les volumes de pompage prévus ont été déterminés après confirmation, lors des derniers essais de pompage, que le niveau d'eau ne baissait pas jusqu'à la position de la crépine. En résultat, les volumes de pompage prévus pour JF-2 et JF-7B sont inférieurs aux volumes de pompage appropriés.

Le volume de pompage prévu dans le cas où les six forages de reconnaissance sont utilisés comme forages de production sera de 100 m<sup>3</sup>/h.

## (2) Plan d'ensemble de l'emplacement des installations

Le présent projet a pour objectif de fournir de manière stable de l'eau potable et saine à la zone urbaine de la ville de Kiffa, qui ne possède pas actuellement de système d'approvisionnement en eau hygiénique, de par l'amenée de l'eau des forages de sources d'eau (forages de reconnaissance effectués lors de l'étude de développement et forages existants de la SONELEC) situés dans la région au nord-ouest de Kiffa, ainsi que par la construction d'une station de pompage de transfert d'eau et d'un réservoir de distribution, qui permettra de distribuer des eaux avec un volume et une pression d'eau stable.

Les aménagements suivants seront nécessaires pour les principales installations du présent projet (Voir la Carte du Plan d'ensemble de l'emplacement des installations, en tête du présent document).

Aménagement des stations de pompage de prise d'eau des forages de sources d'eau pour le pompage des eaux souterraines

Pose de canalisations d'amenée pour l'amenée d'eau des forages de sources d'eau aux stations de pompage de transfert d'eau

Construction de stations de pompage de transfert d'eau pour la réception des eaux souterraines des forages et le transfert de ces eaux vers le réservoir de distribution

Pose de canalisations de transfert pour envoyer l'eau des stations de pompage de transfert d'eau au réservoir de distribution.

Construction d'un réservoir de distribution pour distribuer des eaux dans les zones de distribution, ayant la capacité d'assurer une quantité spécifique en cas d'anomalie et doté d'une fonction d'ajustement du volume distribué aux heures de pointe

Pose de canalisations principales de distribution pour distribuer les eaux à partir du réservoir de distribution aux zones de distribution.

## (3) Conditions de conception

### 1) Superficie et altitude de la région du projet (zone concernée par l'approvisionnement en eau)

La région concernée par le plan d'approvisionnement en eau du présent projet sera la zone urbaine de la ville (étendue : 5 km environ nord-ouest, 4 km environ nord-sud).

La ville de Kiffa a pour caractéristiques d'être divisée en deux en sa partie centrale par le Wadi Rhouda et d'être située sur une pente douce en direction du cours d'eau. L'altitude de la zone urbaine est d'environ m, donc relativement assez faible, dans le quartier central aux alentours de l'oued, de 135 m environ dans le quartier de l'ouest qui a un relief en pente, tout comme le quartier de l'est, dont l'altitude est d'environ 125 m

Des dunes fixes se poursuivent de l'extérieur de la ville jusqu'à son entrée située au sud-ouest. Ces dunes forment le terrain élevé (altitude d'environ 169 m) sur lequel sera construit le réservoir de distribution.

La station de pompage de transfert d'eau sera située entre le réservoir de distribution et les forages de sources d'eau, et un emplacement d'altitude élevée (environ 152 m) le long de la route nationale n°3, pratique sur le plan de la conception des pompes en tenant compte de la différence d'altitude avec le bassin de distribution, a été sélectionné pour cette station.

## 2) Spécifications du projet

Coefficient horaire du volume d'approvisionnement en eau maximum horaire du projet

Dans le cas d'un approvisionnement en eau 24 heures sur 24, les volumes d'eau utilisée varient selon les heures de pointe du matin et du soir, et l'utilisation nulle pendant la nuit. Dans le présent projet, ces fluctuations par plage horaire ne seront pas à prévoir étant donné qu'un approvisionnement limité à certaines heures sera adopté. Par conséquent, le coefficient horaire sera de 1,0.

Année cible du projet

L'année cible du projet d'approvisionnement en eau devra être déterminée en tenant compte du long terme pour ce qui des installations, en considérant le fait que la durée de vie des installations et la période de leur construction soient longues et, en ce qui concerne en particulier les canalisations, de la difficulté de procéder à des extensions progressives parallèlement à l'augmentation des volumes de distribution.

Pour les raisons qui précèdent, l'année cible est généralement décidée entre 5 et 20 années plus tard, selon l'envergure et le degré de développement de la ville. Par ailleurs, dans le cas du présent projet, étant donné que la ville de Kiffa possède une population d'environ 70.000 habitants, qu'il s'agit de la troisième ville par ordre d'importance de la Mauritanie, qu'elle est située dans un emplacement central pour les transports terrestres, qu'un plan d'urbanisme de la ville a été élaboré et qu'un développement certain est prévu durant les cinq prochaines années, une année cible de 4 ans environ après l'achèvement de la construction des installations a été jugée pertinente.

Par conséquent, l'année cible du présent projet sera l'an 2008.

Volume maximum d'approvisionnement en eau prévu par habitant et par jour

Branchements aux particuliers :	40 litres/habitant/jour (parmi lesquels 10 litres/h/j à partir des puits existants)
Bornes-fontaines publiques :	30 litres/habitant/jour (parmi lesquels 10 litres/h/j à partir des puits existants)

Volume maximum d'approvisionnement en eau prévu par jour : 2.320 m<sup>3</sup>

Cette valeur a été déterminée à partir de l'équation suivante.

$$\begin{aligned} Q &= 66.000 \times 30 + 17.000 \times 20 \\ &= 2.320.000 \text{ litres} \\ &= 2.320 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

dans laquelle,

Q = Volume maximum d'approvisionnement en eau prévu par jour (m<sup>3</sup>)

Population des branchements particuliers en 2008 : 66.000 habitants

Volume maximum d'approvisionnement en eau/h/j par branchements particuliers en 2008 : 30 litres/h/j

Population des bornes fontaines publiques : 17.000 habitants

Volume maximum d'approvisionnement en eau/h/j par bornes fontaines publiques en 2008 : 20 litres/h/j

### 3) Plan d'approvisionnement en eau

Orientations de base

#### a) Ressources en eau

En ce qui concerne les ressources en eau, comme indiqué de manière détaillée dans le paragraphe 2.2.2.1, 4), le volume des eaux souterraines exploitables de manière continue dans la région des sources d'eau aux alentours de la ville de Kiffa a été estimé à 1.280.000 m<sup>3</sup> environ au total par an, et un contrôle approprié de la demande en eau permettra probablement de satisfaire les demandes en eau pour l'année 2008.

Par ailleurs, en ce qui concerne les puits existants de la ville ayant une qualité d'eau relativement bonne, ceux pouvant être utilisés pour l'eau potable ont été sélectionnés d'après les résultats d'une analyse de l'eau détaillée effectuée lors de l'étude de développement et de la dernière étude et ils seront inclus dans le plan d'approvisionnement en eau en tant que ressources en eau potable, parallèlement à la mise en place de mesures de conservation de la qualité de l'eau.

#### b) Plan d'approvisionnement en eau

Les eaux souterraines alimentant actuellement la ville de Kiffa sont extrêmement contaminées et l'approvisionnement en eau potable saine à partir de nouvelles ressources constitue un problème urgent. Par ailleurs, les ressources en eau peuvent être considérées comme extrêmement importantes en tenant compte du fait que la région du projet est située dans une zone continentale désertique subsaharienne, ne bénéficiant que de faibles précipitations, avec des eaux souterraines peu importantes et dont la population est en augmentation. Il sera en outre indispensable de restreindre dans une certaine mesure les volumes de la consommation en eau.

Par ailleurs, l'examen de la situation sociale et du développement de la ville permet de constater que les routes nécessaires pour la mise en place des canalisations de distribution pour les branchements particuliers ne sont pas aménagées dans certains quartiers, et il est par conséquent nécessaire de prévoir une méthode mixte d'approvisionnement, par branchements particuliers et par bornes fontaines publiques. En outre, le présent projet prévoit un approvisionnement en eau de 40 litres/habitant/jour pour les branchements particuliers mais il sera nécessaire de contrôler les volumes utilisés et une méthode d'approvisionnement en eau limité à certaines heures sera donc mise en place à cet effet.

#### Approvisionnement limité à certaines heures

Comme indiqué précédemment, il sera nécessaire d'adopter une mesure de restreindre du volume d'eau utilisé en raison de l'insuffisance des ressources en eau aux alentours de la ville de Kiffa. Dans le cadre du présent projet, un système d'approvisionnement limité à certaines heures, comme celui généralement mis en pratique en Mauritanie, sera appliqué. D'après les résultats de l'étude présentés ci-dessous, une durée d'approvisionnement en eau de 7 heures a été respectivement adoptée pour le quartier de l'ouest et le quartier de l'est.

#### a) Conditions préalables

Les points suivants devront être pris en considération pour la mise en place de l'approvisionnement en eau limité à certaines heures :

- la zone concernée par l'approvisionnement limité dans le temps et les heures d'approvisionnement seront déterminées afin qu'il n'y ait pas de charge excédentaire sur les installations de distribution ;

- la sélection des heures d’approvisionnement tiendra compte de la plage horaire (de 7 h à 9 h le matin et de 18 h à 20 h le soir) où les volumes d’utilisation sont les plus importants ;
- l’approvisionnement en eau limité nécessite l’ouverture et la fermeture manuelles de nombreux vannes et il faudra donc veiller à ce que les coûts et la main d’œuvre ne soient pas trop importants sur le plan de la gestion et de la maintenance ;
- le plan du réseau des canalisations devra prévoir un certain approvisionnement en eau dans l’ensemble des quartiers même si les principales canalisations venaient à se briser en cas d’accident ;
- l’étude du réseau des canalisations sera effectuée pour que les habitants soient assurés d’avoir ou puissent consommer des volumes d’approvisionnement en eau déterminés à des heures déterminées.

b) Division par quartier de l’approvisionnement limité

La ville de Kiffa est divisée en deux quartiers, ouest et est, situés de part et d’autre de le Wadi Rhouda, et le réseau des canalisations sera de la même manière séparé de façon pratiquement indépendante dans les quartiers ouest et est. Par conséquent, les quartiers avec un approvisionnement en eau limité à certaines heures seront également au nombre de deux, le quartier de l’ouest et le quartier de l’est.

c) Sélection des heures d’approvisionnement et des plages horaires

Lors de l’approvisionnement en eau limité, il est à prévoir que les habitants consommeront en une seule fois de gros volumes d’eau dans une courte période et dans une plage horaire. A ce moment-là, le volume d’eau stocké dans le réservoir de distribution chute au-dessous de zéro, et il sera nécessaire de sélectionner des heures d’approvisionnement et des plages horaires de façon à ce que les canalisations de distribution ne soit pas sous vide. En tenant compte des conditions préalables indiquées précédemment, une étude a été effectuée sur les fluctuations horaires des volumes d’eau stockés dans le réservoir de distribution selon les heures d’approvisionnement dans trois cas, à savoir 7 heures, 6 heures et 5 heures d’approvisionnement. Les résultats de cette étude sont présentés dans les Figures 2.2.2.1-7, 2.2.2.1-8 et 2.2.2.1-9.

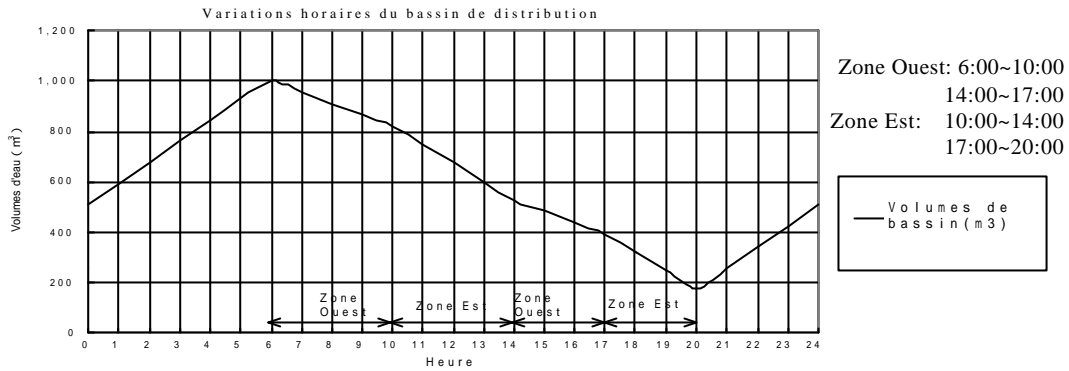


Figure 2.2.2.1-7 Fluctuations horaires des volumes d'eau stockés dans le réservoir de distribution (restriction sur 7 heures)

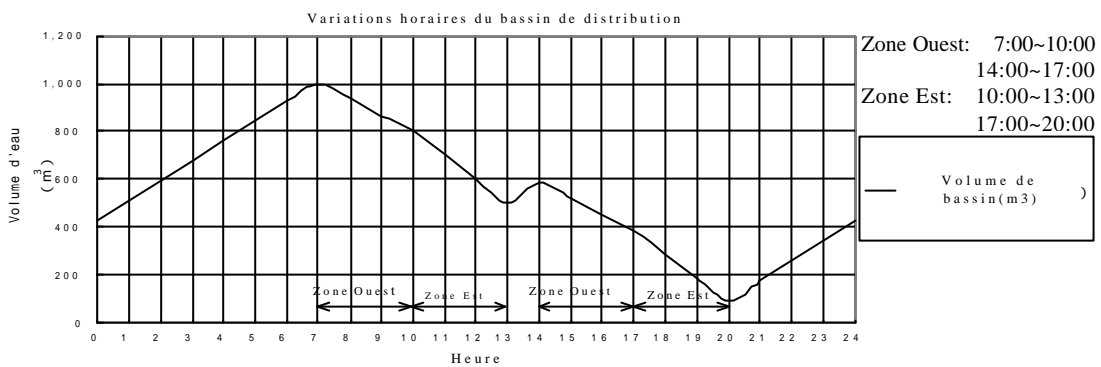


Figure 2.2.2.1-8 Fluctuations horaires des volumes d'eau stockés dans le réservoir de distribution (restriction sur 6 heures)

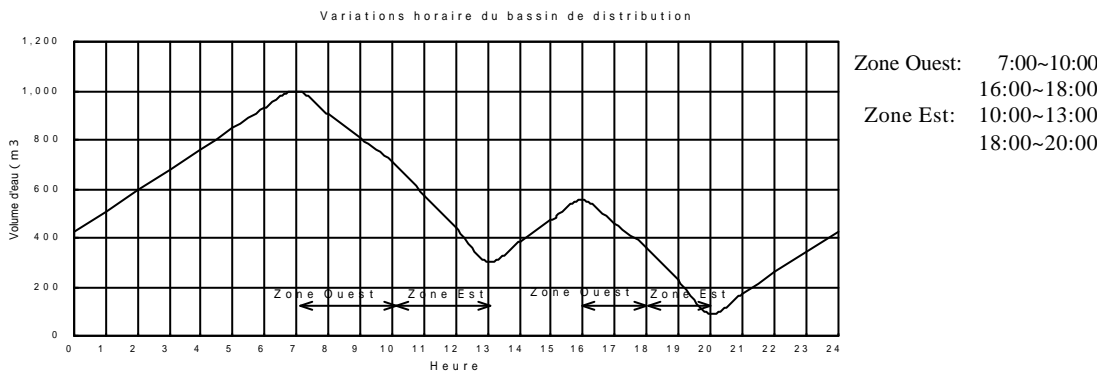


Figure 2.2.2.1-9 Fluctuations horaires des volumes d'eau stockés dans le réservoir de distribution (restriction sur 5 heures)

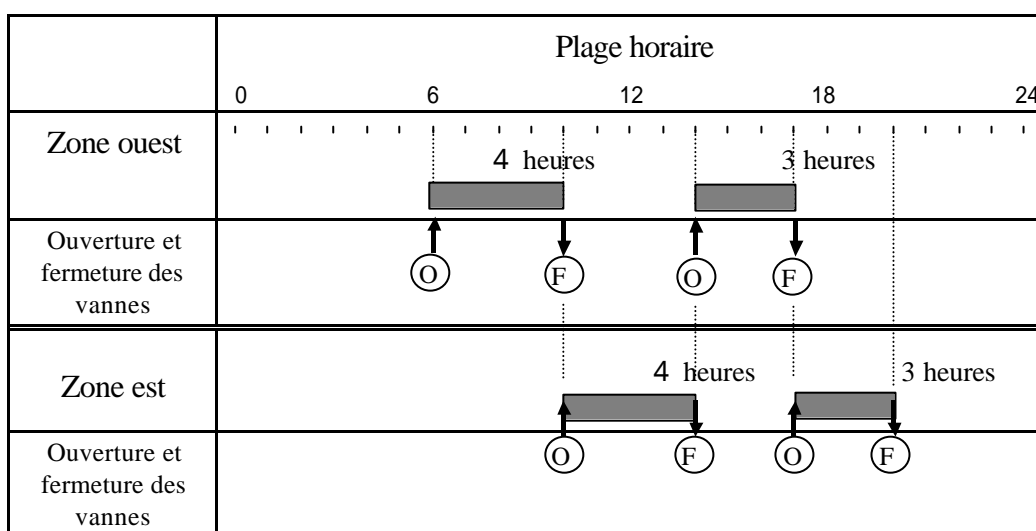
- En supposant une consommation par les habitants des volumes d'eau déterminés durant des heures d'approvisionnement déterminées, sans consommation durant les autres plages horaires, avec transfert de volumes déterminés à partir des stations de pompage de transfert d'eau vers le réservoir de distribution.
- Les courbes descendantes du graphique correspondent à la période de consommation et les courbes ascendantes à la période sans consommation, lorsque l'eau est stockée dans le réservoir de distribution.



Comme le montrent les résultats, le volume d'eau stockée dans le réservoir de distribution diminue jusqu'à environ 90 m<sup>3</sup> après la fin des heures d'approvisionnement du quartier est, dans le cas d'un approvisionnement de 5 heures et de 6 heures, et le volume d'eau stockée risque de tomber au-dessous de zéro dans la période enregistrant les volumes d'approvisionnement maximum par jour. Par conséquent, un approvisionnement en eau de 7 heures sera appliqué.

Le programme d'exécution de l'approvisionnement en eau limité pendant une journée, pour un approvisionnement de 7 heures est présenté dans la Figure 2.2.2.1-10 ci-après.

Figure 2.2.2.1-10 Programme d'exécution de l'approvisionnement en eau limité (approvisionnement de 7 heures)



F=Fermeture O=Ouverture

#### Mise en place des tuyaux réservés exclusivement au transfert d'eau

Le réseau des canalisations de distribution sera complètement séparé dans le quartier de l'ouest et dans le quartier de l'est, en tenant compte de la nécessité de bien assurer l'approvisionnement limité à certaines heures ainsi que la surveillance des volumes de distribution précis aux deux quartiers, et afin également de limiter au minimum non seulement les travaux de fermeture et d'ouverture des vannes mais également les coûts et la main d'œuvre dans le cadre de la gestion et de la maintenance. Pour ce faire, des tuyaux réservés exclusivement au transfert d'eau du réservoir de distribution quartier de l'est seront mises en place. Toutefois, afin d'assurer un approvisionnement en eau dans les deux quartiers en cas d'urgence par exemple, des tuyaux principaux de distribution raccordés au réseau des canalisations dans les deux quartiers seront prévus et les vannes sur ces tuyaux de raccordement seront fermées en temps normal.

## Grandes lignes des installations d'approvisionnement en eau

Les grandes lignes des installations d'approvisionnement en eau du présent projet sont indiquées dans le tableau 2.2.2.1-10 ci-après.

Tableau 2.2.2.1-10 Grandes lignes des installations d'approvisionnement en eau

Installations du présent projet	Prise en charge par la partie mauritanienne	Prise en charge par la partie japonaise
(1) Construction de stations de pompage des forges		Forages de reconnaissance lors de l'étude de développement : 4 Forages existants de la SONELEC : 2 Utilisation au total de 6 forages comme forages de production et construction d'une station de pompage de forage.
(2) Pose de tuyaux d'amenée d'eau (diamètre 100 ~ 200 m)		Environ 31 km (tuyaux en fonte ductile)
(3) Construction de stations de pompage de transfert d'eau		Un emplacement
(4) Pose des tuyaux de transfert d'eau (diamètre 250 mm)		Environ 8,8 km (tuyaux en fonte ductile)
(5) Construction d'un réservoir de distribution		1.160 m <sup>3</sup> x 1 unité
(6) Pose de tuyaux principaux de distribution (diamètre 63 à 250 mm)		Environ 42,5 km (partie réservée exclusivement au transfert d'eau : tuyaux en fonte ductile, tuyaux de distribution : PVC)
(7) Pose de tuyaux secondaires de distribution	environ 52 km (PVC) : fourniture du matériel et travaux communs	
(8) Travaux de branchements particuliers	un ensemble	
(9) Mise en place de pompes manuelles		13 emplacements
(10) Mise en place de bornes fontaines publiques		39 emplacements
(11) Construction d'un réservoir surélevé		1 unité (10 m <sup>3</sup> , H = 10 m)
(12) Travaux d'électrification	de la centrale existante à la station de pompage de transfert d'eau et à chacune des stations de pompage des forages de production : L = environ 23 km, fourniture du matériel et travaux communs	

### 4) Plan des installations

#### Orientations de base

#### a) Points à considérer lors de détermination de l'envergure des installations

L'envergure de chacune des installations d'approvisionnement en eau sera déterminée sur la base de la valeur unitaire d'approvisionnement en eau (30 litres/h/j), à l'exception des volumes approvisionnés à partir des puits existants de la ville (10 litres/h/j), de la population prévue et de l'envergure des aménagements pour l'année cible du présent projet (2008). Les points à prendre en considération lors de détermination l'envergure des installations sont indiqués dans le Tableau 2.2.2.1-11 ci-après.

Tableau 2.2.2.1-11 Points à considérer lors de détermination de l'envergure des installations

Principales installations	Point à considérer
Station de pompage de forage	Le volume d'approvisionnement en eau prévu sera calculé à partir des volumes de pompage assurés, confirmés lors des essais de pompage réalisés dans l'étude sur place du présent projet et une pompe de prise d'eau correspondant aux volumes d'eau nécessaire calculés en tenant compte du taux de rendement des forages sera sélectionnée.
Canalisations d'amenée d'eau	Elles vont de chaque forage à la station de pompage de transfert d'eau. Le diamètre des canalisations sera déterminé afin que la hauteur d'élévation des pompes de prise d'eau ne soit pas en excès, et que la hauteur d'eau effective à la station de pompage de transfert d'eau permette la pénétration dans le réservoir de réception.
Station de pompage de transfert d'eau	Elle réceptionne tout d'abord l'eau provenant de chaque forage par les canalisations d'amenée d'eau et l'envoie sous pression jusqu'au réservoir placé sur un terrain élevé de la ville. Le plan des travaux de génie civil et de construction des stations de pompage de transfert d'eau du présent projet devra prendre en considération l'agrandissement futur de la station ainsi que l'espace suffisant pour la gestion et la maintenance des pompes.
Canalisations de transfert d'eau	Elles vont de la station de pompage de transfert d'eau jusqu'au réservoir de réception. Le diamètre des canalisations sera déterminé afin que la hauteur d'élévation des pompes de transfert d'eau ne soit pas en excès et que la hauteur d'eau effective au réservoir de distribution permette la pénétration dans le bassin de distribution.
Réservoir de distribution	Il aura une capacité qui permettra le stockage d'un volume pour 12 heures, par rapport à l'approvisionnement en eau maximum prévu par jour pour l'année objectif du projet (2008).
Tuyaux principaux de distribution	Le diamètre des canalisations sera déterminé pour assurer une pression d'eau minimum aux terminaisons des tuyaux secondaires de distribution (1,0 kg/cm <sup>2</sup> ) et une pression d'eau minimum aux bornes fontaines publiques (0,5 kg/cm <sup>2</sup> ). Par ailleurs, le réseau des canalisations devra être conçu de façon à ce qu'il n'y ait pas de baisse extrême de la pression d'eau, même en cas de rupture accidentelle d'une partie des tuyaux principaux de distribution.

b) Points à considérer lors de la conception des installations

En ce qui concerne la conception des installations du présent projet, les points ci-dessous devront être pris en considération, en tenant compte du système d’approvisionnement en eau urbain en Mauritanie, afin de viser à obtenir de faibles coûts de construction, de faciliter la gestion et la maintenance et de réduire les frais de gestion et de maintenance de ces installations.

Tableau 2.2.2.1-12 Points à considérer lors de la conception des installations

Rubrique	Point à considérer
Méthode de distribution d'eau	Installation d'un réservoir de distribution sur un terrain élevé de la ville et distribution d'eau par écoulement naturel.
Tracé de la pose des tuyaux	Pour ce tracé, étude des possibilités de canalisations exposées dans les endroits où les roches affleurent en surface. Par ailleurs, étude de méthodes de protection et de pose afin que les canalisations traversant l'oued ne soient pas détériorées pendant la saison de pluies.
Matériaux des tuyaux	On sélectionnera des tuyaux de type et de diamètre généralement utilisés en Mauritanie. Les principales canalisations telles que les canalisations d'amenée, de transfert et de distribution d'eau et les tuyaux de branchements entre le réservoir et le réseau de distribution, devront avoir un degré de résistance suffisant, et des tuyaux en fonte ductile, particulièrement excellents sur le plan de la durabilité seront utilisés.
Profondeur d'enfouissement des canalisations	Le recouvrement de terre des canalisations sera de plus d'un mètre pour les sols de sable et d'argile, conformément aux usages en Mauritanie. Il sera réduit à 0,6 m dans le cas où la surface du sol est sableuse, avec par-dessous une couche de socle rocheux.
Installations des pompes d'amenée d'eau	On sélectionnera des installations dont les pièces de rechange peuvent être facilement fournies en Mauritanie.
Installations des pompes de transfert d'eau	On sélectionnera des installations dont les pièces de rechange peuvent être facilement fournies en Mauritanie.
Pompes manuelles	On sélectionnera des pompes généralement utilisées en Mauritanie et dont les pièces de rechange peuvent être facilement fournies dans le pays.
Installations de désinfection au chlore	Des agents de désinfection largement commercialisés sur le marché mauritanien seront utilisés. Par ailleurs, ces installations devront être faciles à gérer et à maintenir.
Critères de conception	Etant donné qu'il n'existe pas de critères de conception en Mauritanie, les critères de conception japonais seront utilisés.

## Conditions de conception

Les conditions de conception, déterminées conformément aux composants du projet ainsi qu'aux orientations de base du plan des installations mentionnées ci-dessus, sont indiquées dans le Tableau 2.2.2.1-13.

Tableau 2.2.2.1-13 Conditions de conception du plan des installations

Rubrique	Conditions de conception		Remarques
Année cible du projet	2008		
Population du projet	83.000 habitants		
• Branchements particuliers	66.000 habitants		80% de la population du projet
• Bornes fontaines publiques	17.000 habitants		20% de la population du projet
Volume d'approvisionnement en eau maximum prévu par habitant et par jour			
• Branchements particuliers	30 litres/h/j		Déterminée selon les résultats de l'étude sur place
• Bornes fontaines publiques	20 litres/h/j		Déterminée selon les résultats de l'étude sur place
Volume d'approvisionnement en eau maximum prévu par habitant et par jour	2.320 m <sup>3</sup> /j	Population du projet x Volume d'approvisionnement en eau maximum prévu par habitant et par jour	
Pression d'eau minimum aux terminaisons des tuyaux secondaires de distribution			
• Branchements particuliers	1,0 kg/cm <sup>2</sup>		Selon les normes de Mauritanie
• Bornes fontaines publiques	0,5 kg/cm <sup>2</sup>		Selon les normes de Mauritanie
Capacité du réservoir de distribution	Pour 12 heures par rapport au volume d'approvisionnement maximum par jour		Selon les normes de Mauritanie
Type de canalisations			
• Canalisations d'amenée d'eau	Tuyaux en fonte ductile		} Généralement utilisés en Mauritanie
• Canalisations de transfert d'eau	Tuyaux en fonte ductile		
• Tuyaux principaux de distribution	Tuyaux en PVC		
• Tuyaux secondaires de distribution	Tuyaux en PVC		
• Tuyaux de raccordement aux bornes fontaines publiques	Tuyaux en polyéthylène		
Couverture de la terre des canalisations	1,0 m		Selon les normes de Mauritanie
Population desservie par une borne fontaine	500人		Déterminée selon la situation actuelle en Mauritanie

En outre, le pourcentage d'approvisionnement en eau par branchements particuliers et le pourcentage d'approvisionnement par bornes fontaines publiques seront respectivement de 80% et 20% pour l'année cible du projet (2008).

## Composition du système d'approvisionnement en eau

Le système d'approvisionnement en eau est composé des installations présentées ci-dessous. Le schéma général du système adopté pour le présent projet est présenté sur la Figure 2.2.2.1-11, les distances planes et les différences de hauteur entre chacune des installations étant présentées dans la Figure 2.2.2.1-12. Par ailleurs, les schémas du concept de base de chacune des installations sont présentés dans [2.2.3 Schémas du concept de base].

- a. Station de pompage de forage
- b. Canalisations d'amenée d'eau
- c. Station de pompage de transfert d'eau
- d. Canalisations de transfert d'eau
- e. Réservoir de distribution
- f. Canalisations de distribution
- g. Bornes fontaines publiques

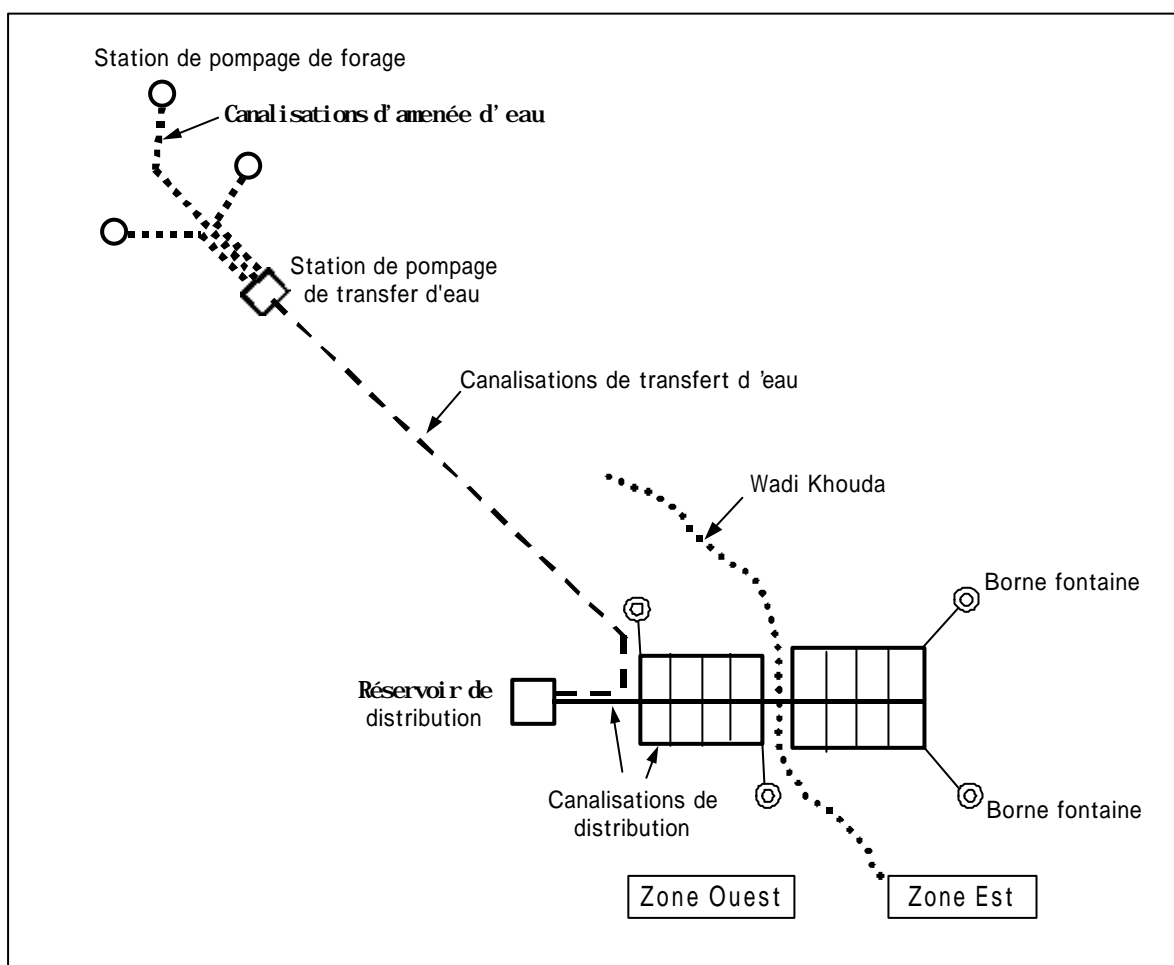


Figure 2.2.2.1-11 Schéma général du système d'approvisionnement en eau

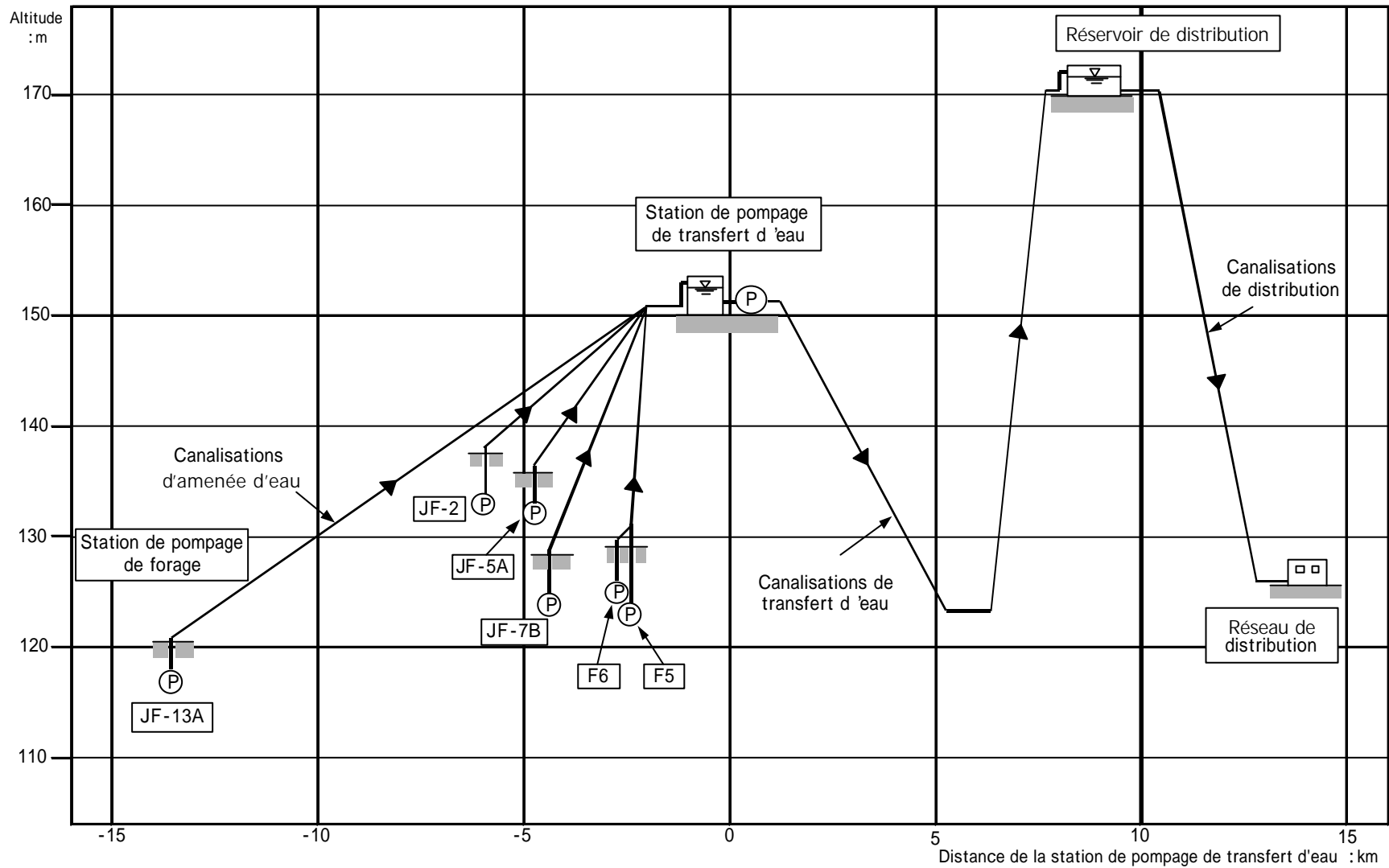


Figure 2.2.2.1-12 Distances planes et différences de hauteur entre chacune des installations

### 2.2.2.2 Plan de protection des sources d'eau

#### (1) Plan de protection de la région des sources d'eau au nord-ouest

La région des sources d'eau au nord-ouest qui fournira les principales sources d'eau du présent projet est quasiment inhabitée et les seules populations qui y résident pratiquent uniquement l'élevage. Les eaux souterraines ne sont pas véritablement développées et, par rapport à un volume d'eaux souterraines exploitables de 1.280.000 m<sup>3</sup>/an, seul un très faible volume d'eau de 18.000 m<sup>3</sup> est actuellement pompé. Ces eaux souterraines de la région nord-ouest sont exploitées au moyen de forages de 50 à 60 m de profondeur, mais elles forment des nappes phréatiques dans des fissures des pélites, ce qui les rend particulièrement vulnérables à la contamination par la surface. Si, à l'heure actuelle, des coliformes provenant probablement des excréments du bétail n'ont été détectés que pour le forage JF-13A, les risques de contamination des eaux souterraines seront extrêmement élevés au cas où cette région de sources d'eau serait développée comme zone résidentielle ou comme zone industrielle à l'avenir.

Pour ce faire, la Direction de l'Hydraulique a élaboré un plan de protection des sources d'eau conformément aux rubriques suivantes, plan destiné à la région des sources d'eau au nord-ouest où sont situés les six forages (JF-2, JF-5A, JF-7B, JF-13A, F-5 et F-6) prévus pour le pompage.

- ◆ Interdiction d'habiter dans un rayon de 500 m autour des forages (à l'exception du logement pour le personnel de gestion de la station de pompage)
- ◆ Interdiction de procéder à des travaux agricoles, dont l'élevage et l'irrigation, dans un rayon de 500 m autour des forages
- ◆ Interdiction de jeter des ordures et déchets dans un rayon de 500 m autour des forages
- ◆ Interdiction de creuser de nouveaux puits et forages dans un rayon de 500 m autour des forages
- ◆ Interdiction de laisser pénétrer le bétail dans un rayon de 100 m autour des forages (mise en place d'une clôture)

Si ce plan de protection des sources d'eau élaboré par la Direction de l'Hydraulique recouvre totalement les mesures appropriées, il est important que les actions prévues soient dûment mises en place à l'avenir. Pour ce faire, il sera important de déterminer de toute urgence les régions de protection des sources d'eau et d'y interdire les activités agricoles - parmi lesquelles l'élevage et l'irrigation - ainsi que le développement résidentiel.



Par ailleurs, les clauses 21 à 27 du Code de l'eau de Mauritanie prévoient la détermination de zones de protection et définissent les actions interdites à l'intérieur de ces zones. Les rubriques d'interdiction indiquées ci-dessus sont pratiquement toutes englobées dans le Code de l'eau. Ce code stipule, outre les zones de protection déterminées par un décret administratif émis en commun par le ministre de l'Hydraulique et de l'Energie et par le ministre de la Santé publique, les superficies à entourer de clôtures. Toutefois, il n'évoque pas l'interdiction de résidence ni de nouvelle excavation de forages dans les zones de protection. Le Code indique néanmoins que les excavations doivent faire l'objet d'une demande et recevoir une autorisation au préalable.

## (2) Plan de conservation des eaux souterraines de la ville

D'après l'état actuel des puits existants dans la ville de Kiffa, les puits ne bénéficiant pas d'une protection et d'une maintenance appropriée sont à l'origine de la pénétration de substances polluantes et entraînent par conséquent la contamination de l'eau des aquifères. Il sera facile, en munissant ces puits de pompes manuelles et en fermant leur ouverture, d'éviter la pénétration directe de substances polluantes. Toutefois, on peut compter 1.000 puits existants dans la ville de Kiffa, il sera difficile de préserver tous ces puits. Une étude de développement de la JICA a permis de constater que de nombreux puits n'avaient pas de très grande valeur sur le plan de la qualité et du volume de leurs eaux et, afin d'éviter que la qualité des eaux souterraines de la ville ne se dégrade encore, il sera nécessaire d'interdire de jeter des ordures, des excréments, des eaux usées dans les puits et de fermer les puits directement contaminés par la surface de manière évidente. Pour les puits privés qui ne sont pas fermés, il sera nécessaire d'éduquer leurs propriétaires afin qu'ils mettent eux-mêmes en place un couvercle sur leur ouverture.

Par ailleurs, étant donné que les eaux souterraines de la ville de Kiffa sont des nappes libres facilement influencées par la surface, il sera nécessaire de procéder à une protection des sources d'eau contre la contamination de surface dans l'ensemble du bassin versant. Toutefois, des puits sont d'ores et déjà installés dans les emplacements où l'eau est nécessaire - zones résidentielles, zones d'irrigations et zones d'élevage - et il est impossible d'interdire la résidence, l'irrigation et l'élevage dans les régions où les puits sont nombreux. En tant que mesure contre la contamination des eaux souterraines à partir de la surface dans l'ensemble du bassin versant, le dépôt d'ordures sera situé uniquement dans la zone déterminée à l'ouest de l'aéroport, à l'extérieur du bassin versant.

Ces mesures de conservation des eaux souterraines sont résumées ci-dessous. Elles seront mises en place par la municipalité de la ville de Kiffa avec le concours de la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement.

- ◆ Interdiction de jeter des ordures, des excréments et des eaux d'évacuation dans les puits.
- ◆ Fermeture des puits pour éviter que ne soient jetés des déchets, des eaux usées, de l'huile usagée, des excréments et des cadavres d'animaux, etc.
- ◆ Dépôt d'ordures limité uniquement à la zone déterminée à l'ouest de l'aéroport.
- ◆ Mise en place de pompes manuelles dans les puits ayant une bonne qualité d'eau et souvent utilisés.
- ◆ Sensibilisation des propriétaires des puits afin qu'ils mettent eux-mêmes en place un couvercle sur leur puits.

Ces mesures sont presque entièrement englobées par les actions de protection des sources d'eau décidées par la Direction de l'Hydraulique mais n'incluent pas l'installation de pompes manuelles ni les activités de sensibilisation des propriétaires des puits pour la mise en place des couvercles. Pour ce qui est de l'installation des pompes manuelles, 12 puits de la ville de Kiffa seront équipés de ces pompes dans le présent projet en tant que modèles, et il serait souhaitable que la partie mauritanienne installe à l'avenir des pompes manuelles dans les autres puits existants. Pour les activités de sensibilisation pour la mise en place des couvercles sur les puits, elles seront réalisées en tant que mesures de protection des puits privés, dans le cadre de l'éducation sur l'hygiène prévue en tant que composants logiciels (*soft components*) du projet.

Par ailleurs, en ce qui concerne l'interdiction de jeter des ordures dans les puits pour éviter l'influence sur la qualité de l'eau, la clause 94 du Code de l'eau est prévue à cet effet et indique les pénalités en cas d'infraction (détenion de 2 à 12 mois ou amende de 10.000 à 50.000 ouguiyas).

### (3) Mesures pour les puits existants aux alentours du forage JF-13A

Un puits servant à abreuver le bétail, à savoir chameaux, bovins, ânes, moutons et chèvres, est situé à 85 m du forage JF-13A servant de sources d'eau. Si une clôture pour empêcher la pénétration du bétail est placée dans un rayon de 100 m en tant que mesure de protection, ce puits existant ne pourra plus être utilisé.

Il existe également plusieurs autres puits servant à abreuver le bétail dans ces environs mais ils ne sont pas utilisés en raison de leurs eaux extrêmement salines. Si ce puits est fermé par force, le puits pour le bétail le plus proche étant situé à 3,5 km et ne disposant que de sources d'eau limitées, des conflits pour l'acquisition de l'eau risquent de se produire avec les populations possédant des droits sur ce puits. Par conséquent, ce problème sera d'une

importance vitale pour les propriétaires de bétail qui ne pourront plus utiliser le premier puits et il sera nécessaire de prévoir des mesures pour assurer l'eau servant à abreuver le bétail.

Par ailleurs, la contamination des eaux souterraines de cette région provient de deux différentes origines : une contamination principale venant directement par l'ouverture du puits et une contamination s'infiltrant le long des parois du puits. Ce puits étant éloigné des zones résidentielles et ne servant qu'à abreuver le bétail, aucune mesure n'a été prise pour préserver la qualité de ses eaux. Par conséquent, s'il est laissé en l'état, il risque de contaminer les eaux souterraines et de détériorer la qualité de l'eau du forage JF-13A.

En fonction de ce qui précède, pour ce qui est du puits existant aux alentours du forage JF-13A, un abreuvoir sera installé à l'extérieur de la clôture dans un rayon de 100 m autour du forage, avec un caniveau de 20 m allant du puits à l'abreuvoir (Voir Figure 2.2.2.2-1) et une pompe manuelle sera installée dans le puits dont les structures seront réparées afin de ne pas contaminer les eaux souterraines (Voir Figure 2.2.2.2-2).

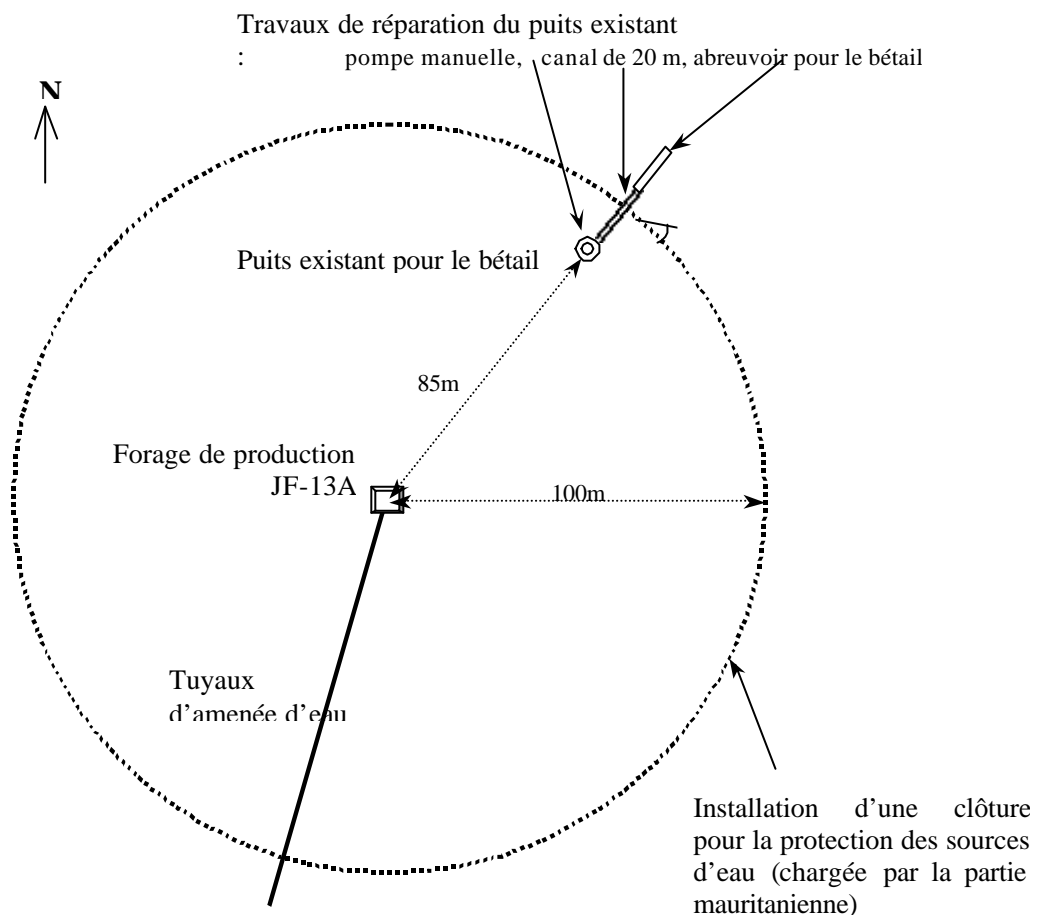


Figure 2.2.2.2-1 Schéma général des mesures pour le puits existant aux alentours du forage JF13A

Schéma d'amélioration des puits existants

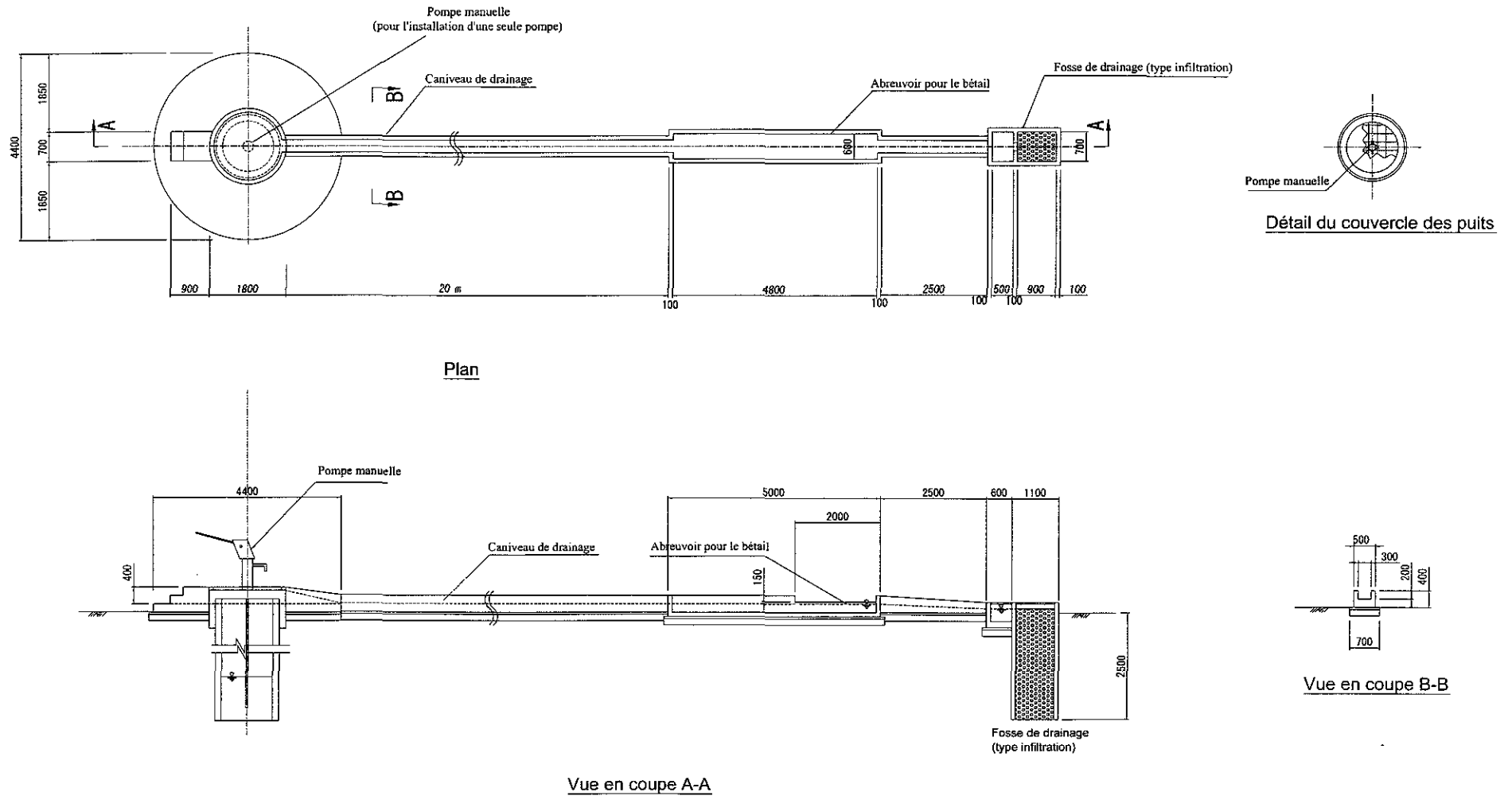


Figure 2.2.2-2 Plan de réparation du puits existant aux alentours du forage JF-13A

#### (4) Plan de surveillance des eaux souterraines

Il est indispensable, afin de mettre en pratique les mesures de protection des sources d'eau mentionnées ci-dessus et de gérer ces sources, de procéder à une surveillance des eaux souterraines.

Les eaux souterraines de la région ne composent pas un aquifère horizontal et uniforme sur une vaste étendue, mais sont présentes dans les parties comportant de nombreuses fissures dans les pélites, et il est par conséquent difficile de prévoir avec exactitude les volumes de pompage possibles et les fluctuations de la qualité de l'eau. Il sera donc nécessaire de procéder à une surveillance très attentive du niveau des eaux souterraines et des fluctuations de la qualité de l'eau et de réviser le plan de pompage en fonction des circonstances.

Par conséquent, afin de préserver les eaux souterraines sur le plan quantitatif et qualitatif et d'assurer la durabilité du présent projet, il sera nécessaire, tout en surveillant les volumes de pompage ainsi que le niveau et la qualité des eaux souterraines, de réviser en fonction des circonstances - en cas de problème comme par exemple une baisse de niveau ou une dégradation de la qualité de l'eau - le plan de pompage et les mesures de protection des sources d'eau, dans le but d'un développement durable des eaux souterraines.

##### 1) Niveau de l'eau

L'observation du niveau de l'eau comprend des relevés périodiques par détecteurs de niveau d'eau et des relevés continus par des compteurs de niveau avec enregistrement automatique.

Les relevés périodiques sont effectués afin de voir l'influence de pompage de chacun des forages de pompage sur les aquifères. Les mesures seront effectuées par la SONELEC dans un total de 7 emplacements, 6 forages de reconnaissance utilisés comme forages de production dans le cadre du présent projet et un puits existant qui servira de sources d'eau pour l'approvisionnement dans une zone déterminée (puits servant actuellement aux camions citernes). Les relevés auront lieu à des intervalles d'une semaine, et mesureront le niveau statique immédiatement avant le pompage et le niveau dynamique immédiatement avant l'arrêt du pompage pour chaque forage. Au cas où les pompes fonctionneraient 24 heures sur 24 à l'avenir, seul sera relevé le niveau dynamique pendant le fonctionnement.

Les relevés continus sont effectués pour le contrôle des aquifères sur une vaste superficie. Ces relevés, qui seront effectués par des compteurs de niveau d'eau à enregistrement automatique des données (*data logger*) dans 4 forages de reconnaissance, seront gérés par la Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement. Ils permettront de connaître les fluctuations du niveau d'eau dans les aquifères sur une vaste étendue.

Des plaques d'identification portant un numéro distinctif seront installées dans chaque forage pour les relevés du niveau d'eau, et les tubages porteront des repères pour l'observation de ce niveau.

## 2) Volume de pompage

Les relevés du volume de pompage seront effectués pour le contrôle des aquifères et pour la gestion du réseau de transfert d'eau.

Des débitmètres seront installés dans l'ouverture de chaque forage de production dans le cadre du présent projet et la SONELEC sera chargée des relevés. Les volumes de pompage seront relevés tous les mois en tant que volumes de production. Une étude comparative sera effectuée entre les données de l'observation du volume de pompage et les données des relevés du niveau d'eau et des révisions seront apportées au plan de pompage selon les circonstances. Ces données seront par ailleurs utilisées pour calculer les pertes de transfert d'eau.

## 3) Qualité de l'eau

Les analyses de la qualité de l'eau comprennent les analyses simples effectuées sur place et les analyses détaillées effectuées par le laboratoire de la SONELEC (SNDE) situé à Nouakchott. Elles sont réalisées afin de contrôler les aquifères qui constituent les sources d'eau ainsi que le réseau de transfert d'eau.

Les rubriques de l'analyse simple de la qualité de l'eau sont la conductivité, le pH et les coliformes. La SONELEC effectue ces relevés une fois par semaine pour les 7 forages de production (parmi lesquels un puits existant dans la zone de Belemtar de la ville), pour le bassin de distribution et pour 4 emplacements avec bornes fontaines publiques. Pour 4 des 12 emplacements de la ville où des pompes manuelles seront installées, la Direction de l'Hydraulique procédera aux relevés une fois tous les deux mois et l'azote de nitrate sera rajoutée aux rubriques de l'analyse.

Pour l'analyse détaillée de la qualité de l'eau, les rubriques servant de critères de base pour l'eau de boisson seront en principe recherchées mais, pour les rubriques où des fluctuations risquent de se produire et en tenant compte des éléments pouvant être analysés dans le laboratoire de la SONELEC, l'analyse portera pendant un certain temps sur les 11 rubriques suivantes : pH, conductivité électrique, calcium, magnésium, fer, chlore, azote de nitrate, azote de nitrite, sulfate, dureté et résidus après évaporation. Des échantillonnages auront lieu tous les six mois dans les 7 forages de production, le bassin de distribution et les 4 bornes fontaines publiques.

Tableau 2.2.2.2-1 Méthode de surveillance des eaux souterraines

Rubriques d'observation		Endroits observés	Appareils utilisés	Fréquence	Organisme d'exécution
Niveau d'eau	Observation périodique	7 forages de production : JF-2, JF-5A, JF-7B, JF-13A, F-5, F-6, No.127	- Détecteur de niveau d'eau	Relevé hebdomadaire en site (immédiatement avant le début et l'arrêt de pompage)	SNDE
	Observation continue	4 forages de reconnaissance : JF-3, JF-5, JF-7A, JF-8,	Compteur d'eau avec enregistrement automatique et numérique des données ( <i>digital logger</i> )	Observation continue par compteur d'eau avec enregistrement automatique	Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement
Volume de pompage		7 forages de reconnaissance	- Débitmètres	Mesure mensuelle des volumes de production	SNDE
Qualité de l'eau	Analyse simple : conductivité électrique, pH, coliformes (azote de nitrate)	- 7 forages de production - 1 bassin de distribution - 4 bornes fontaines publiques - 4 endroits avec pompes manuelles	- Compteur de conductivité électrique - pH-mètre - Papier pour détection des coliformes - Test paquet	Relevé hebdomadaire en site, une fois tous les 2 mois pour les pompes manuelles	SNDE  Direction de l'Hydraulique et de l'Assainissement pour les pompes manuelles
	Analyse détaillée (11 rubriques *)	- 7 forages de production - 1 bassin de distribution - 4 bornes fontaines publiques	Par le laboratoire d'analyse de la SNDE à Nouakchott	Collecte des eaux tous les 6 mois et envoi à Nouakchott	SNDE

\* : pH, conductivité électrique, calcium, magnésium, fer, chlore, azote de nitrate, azote de nitrite, sulfate, dureté et résidus après évaporation.

### 2.2.2.3 Plan des canalisations d'amenée d'eau

#### (1) Tracé prévu

Le tracé prévu pour les canalisations d'amenée d'eau allant des 6 stations de pompage d'eau aux stations de pompage de transfert sera sélectionné après reconnaissance sur le terrain, en tenant compte des éléments suivants :

- tracé le plus court possible jusqu'à la station de pompage de transfert d'eau
- tracé utilisant le plus possible des lignes droites
- tracé sur un relief présentant le moins d'ondulations possibles
- en cas d'existence de routes, tracé le long de ces routes.

En tenant compte des éléments précédents, le tracé prévu sera celui indiqué sur la Figure 2.2.2.3-1.

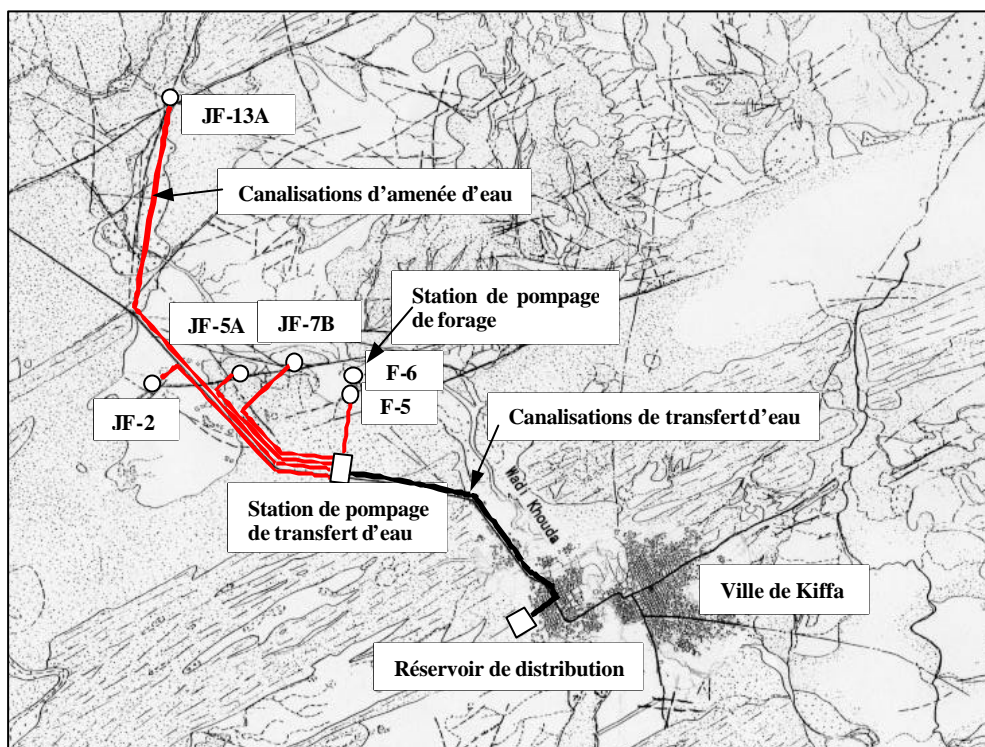


Figure 2.2.2.3-1 Tracé prévu pour les canalisations d’amenée d’eau

La région entre la station de pompage et la station de pompage de transfert d’eau comporte de roches affleurant en surface et l’enfouissement sera difficile dans de nombreux endroits. Par conséquent, des canalisations exposées seront sélectionnées lors de sélection de tracé au cas où la traversée de ces endroits ne pourrait pas être évitée. Les méthodes de pose des différentes canalisations d’amenée d’eau sont présentées dans le Tableau 2.2.2.3-1 ci-après.

Tableau 2.2.2.3-1 Méthodes de pose des différentes canalisations d’amenée d’eau

Tracé	Méthode de pose	Longueur de pose (m)
JF-13A PS	Couche de sable ou d’argile, enfouissement	13.500
JF-2 PS	Affleurement de roches du forage à la route nationale, exposition. Couche de sable ou d’argile de la route nationale à la station de pompage de transfert d’eau, enfouissement.	5.900
JF-5A PS	Affleurement de roches du forage à la route nationale, exposition. Couche de sable ou d’argile de la route nationale à la station de pompage de transfert d’eau, enfouissement.	4.700
JF-7B PS	Affleurement de roches du forage à la route nationale, exposition. Couche de sable ou d’argile de la route nationale à la station de pompage de transfert d’eau, enfouissement.	4.300
F5/F6 PS	Couche de sable ou d’argile, enfouissement	2.430

PS : Station de pompage de transfert d’eau



## (2) Volumes d'amenée prévus

Les volumes d'amenée par heure de l'eau pompée dans chaque station de pompage et conduite par les canalisations d'amenée vers les stations de pompage de transfert d'eau sont indiqués dans le Tableau 2.2.2.3-2.

Tableau 2.2.2.3-2 Volumes d'amenée d'eau prévus

Canalisations d'amenée	Volumes d'amenée d'eau prévus (m <sup>3</sup> /h)
JF-13A PS	25
JF-2 PS	8
JF-5A PS	5
JF-7B PS	10
F5/F6 PS	37 ( F5 )
	15 ( F6 )
Total	100

## (3) Détermination du diamètre des canalisations par analyse hydraulique

### 1) Données de l'analyse hydraulique

Le diamètre des canalisations d'amenée d'eau sera déterminé par une analyse hydraulique en tenant compte des volumes d'amenée d'eau prévus, de l'altitude des forages et des fluctuations de niveau, ainsi que de la hauteur d'élévation appropriée des pompes de prise d'eau et en assurant la hauteur effective pour l'écoulement dans le réservoir de réception de la station de pompage de transfert d'eau avant l'amenée d'eau.

Les données utilisées pour l'analyse hydraulique sont présentées dans le Tableau 2.2.2.3-3 (Voir le Tableau 2.2.2.3-1 pour la longueur des canalisations et le Tableau 2.2.2.3-2 pour les volumes de pompage).

Tableau 2.2.2.3-3 Données de l'analyse hydraulique

Nom du forage	Altitude du forage (m)	Niveau d'eau du forage (m) HWL/LWL
JF-13A	120,4	116,3/102,3
JF-2	137,1	122,8/113,8
JF-5A	135,8	122,2/115,2
JF-7B	128,3	120,6/113,1
F5	129,2	121,2/120,9
F6	129,2	121,2/120,9

## 2) Equation de débit

L'équation de débit appliquée pour l'analyse hydraulique du présent projet sera l'équation Hazen-Williams, généralement utilisée pour ce type de calcul. Cette équation se détaille comme suit.

$$H = 10,666.C^{-1,85} . D^{-4,87} . Q^{1,85} . L$$

Dans laquelle,

- H : Hauteur d'eau avec perte par friction (m)
- C : Coefficient de vitesse d'écoulement (=110)
- D : Diamètre intérieur des tuyaux (m)
- Q : Débit (m<sup>3</sup>/s)
- L : Longueur (m)

La valeur C des canalisations généralement enfouies (coefficient de vitesse d'écoulement) diffère selon la rugosité de la surface à l'intérieur du tuyau et le nombre de coudes ou de tuyaux d'embranchement dans les canalisations. Dans une conception prévoyant des tuyaux neufs, le chiffre de 110 est généralement appliqué pour l'ensemble des canalisations, en incluant les pertes des parties coudées, et ce chiffre sera également employé dans le présent projet.

## 3) Résultats de l'analyse hydraulique

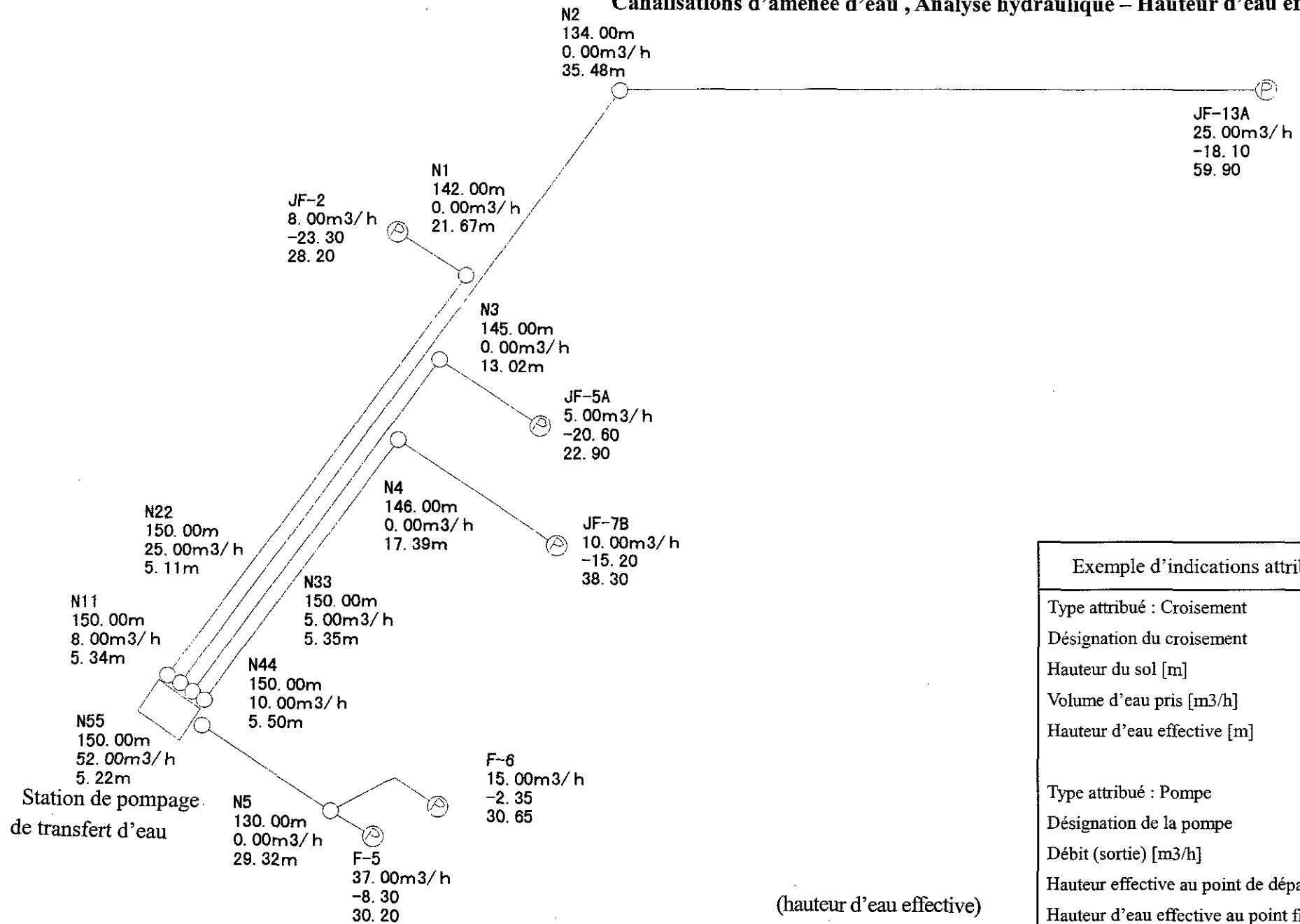
Les résultats de l'analyse hydraulique des canalisations d'amenée d'eau, effectuée en utilisant les données de conception ainsi que l'équation de débit ci-dessus, sont présentés dans les Figures 2.2.2.3-2 et 2.2.2.3-3.

## (4) Type de tuyaux

En ce qui concerne les types de tuyaux pour les canalisations d'amenée d'eau, on peut envisager des tuyaux en fonte ductile, en PVC, en béton, etc., mais des tuyaux en fonte ductile seront utilisés dans le présent projet pour les raisons suivantes :

- Les roches affleurent en surface dans de nombreux endroits. Dans ces emplacements, les canalisations devront être exposées et il est donc nécessaire de sélectionner un matériel excellent sur le plan de la durabilité et de la résistance aux intempéries.
- Ce type de tuyaux est généralement utilisé en Mauritanie.

Canalisations d'amenée d'eau , Analyse hydraulique – Hauteur d'eau effective

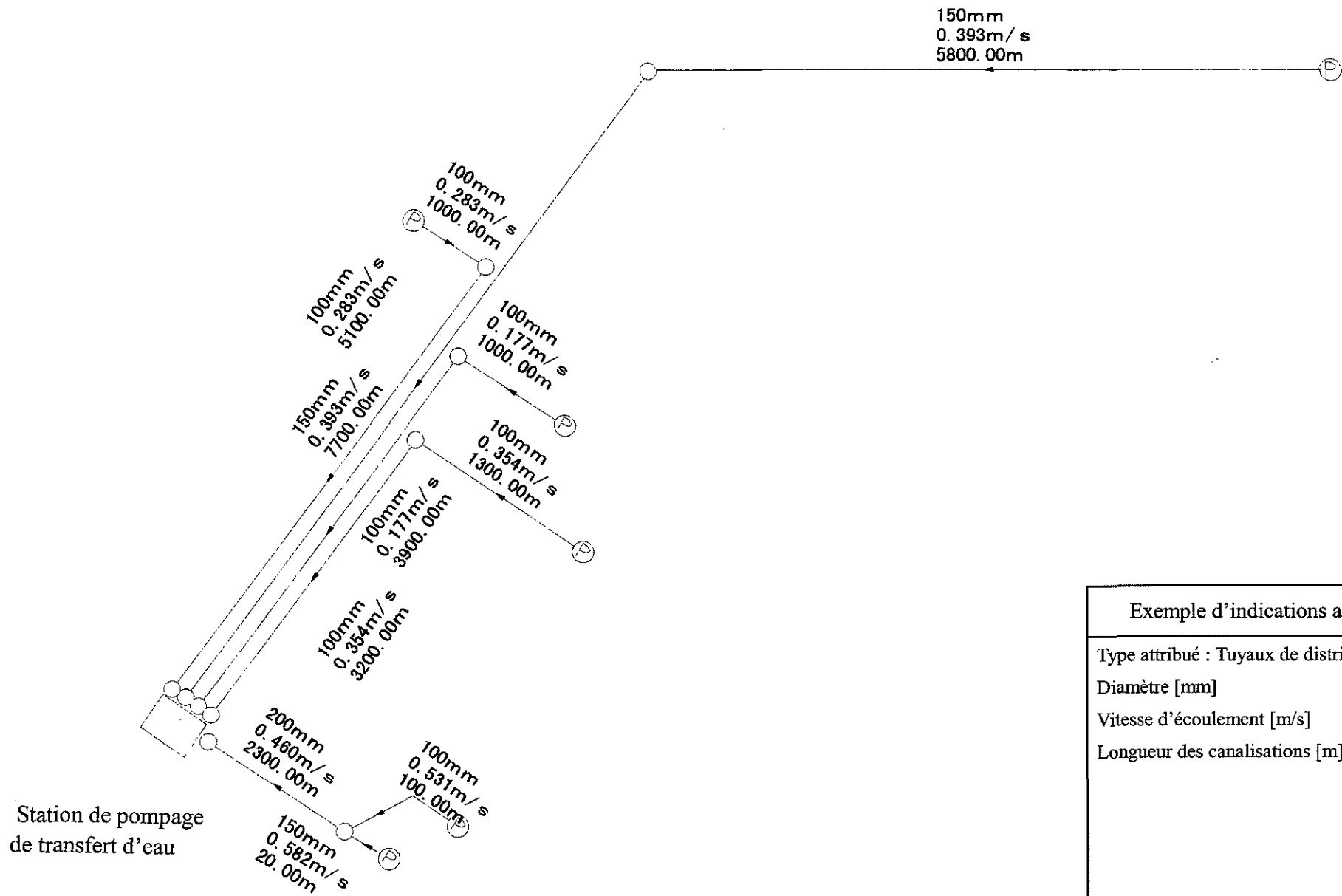


Exemple d'indications attribuées	
Type attribué :	Croisement
Désignation du croisement	
Hauteur du sol [m]	
Volume d'eau pris [m <sup>3</sup> /h]	
Hauteur d'eau effective [m]	
Type attribué :	Pompe
Désignation de la pompe	
Débit (sortie) [m <sup>3</sup> /h]	
Hauteur effective au point de départ	
Hauteur d'eau effective au point final	

Figure 2.2.2.3-2 Résultats de l'analyse hydraulique des canalisations d'amenée d'eau

(hauteur d'eau effective)

### Canalisations d'amenée, Analyse hydraulique — Diamètre des tuyaux, vitesse d'écoulement



#### Exemple d'indications attribuées

- Type attribué : Tuyaux de distribution d'eau
- Diamètre [mm]
- Vitesse d'écoulement [m/s]
- Longueur des canalisations [m]

Figure 2.2.2.3-3 Résultats de l'analyse hydraulique des canalisations d'amenée (diamètres des tuyaux, vitesse d'écoulement) :

#### 2.2.2.4 Plan des installations des stations de pompage de forage

Le plan des installations des stations de pompage de forage comprend l'installation des pompes de prise d'eau, la mise en place des équipements électriques et la construction d'un bâtiment pour les pompes. Le contenu de chacune des installations sera le suivant.

##### (1) Plan des installations des pompes

###### 1) Conditions du plan des installations des pompes

Les pompes sont conçues d'après le débit et la hauteur totale prévus, et les conditions préalables pour chaque pompe sont indiquées dans le Tableau 2.2.2.4-1.

###### Débit prévu

Le volume de pompage assuré, calculé d'après les essais de pompage, sera appliqué comme volume de pompage prévu.

###### Hauteur totale de pompage

La hauteur totale de pompage des pompes est calculée selon l'équation suivante.

Hauteur totale de pompage = Hauteur réelle de pompage (Niveau des eaux souterraines au moment du fonctionnement de la pompe – Haut niveau d'eau du réservoir de réception) + Hauteur avec perte des canalisations d'amenée d'eau + Autres pertes de hauteur (hauteur avec pertes des tuyaux autour du réservoir de réception, etc.)

Tableau 2.2.2.4-1 Conditions du plan des pompes

Numéro de forage	Volume de pompage prévu (m <sup>3</sup> /h)	Hauteur totale de pompage (m)
JF-13A	25	78
JF-2	8	52
JF-5A	5	44
JF-7B	10	54
F-5	37	39
F-6	15	33
Total	100	-

## 2) Spécifications des pompes

Les pompes seront des pompes submersibles pour forages et une pompe sera installée par forage. La capacité des pompes submersibles pour forages diffère selon les dimensions du tubage du forage et, dans le présent projet, ces dimensions sont de 150 mm, à l'exception de celles du forage F-6. Les dimensions du tubage pour F-6 uniquement sont de 100 mm.

## 3) Méthodes de fonctionnement et de commande

Du personnel de surveillance sera en poste dans les stations de pompage mais il n'y aura pas d'opérateur posté en permanence comme pour la station de pompage de transfert d'eau et le fonctionnement entièrement manuel des pompes ne sera pas approprié. En temps normal, l'opérateur de la station de pompage de transfert d'eau effectue des rondes périodiques dans chaque station de pompage et se charge de la gestion et de la maintenance. Par ailleurs, les stations de pompage de prise d'eau sont disséminées un peu partout et il est par conséquent difficile de faire fonctionner les stations de pompage en relation étroite avec la station de pompage de transfert d'eau.

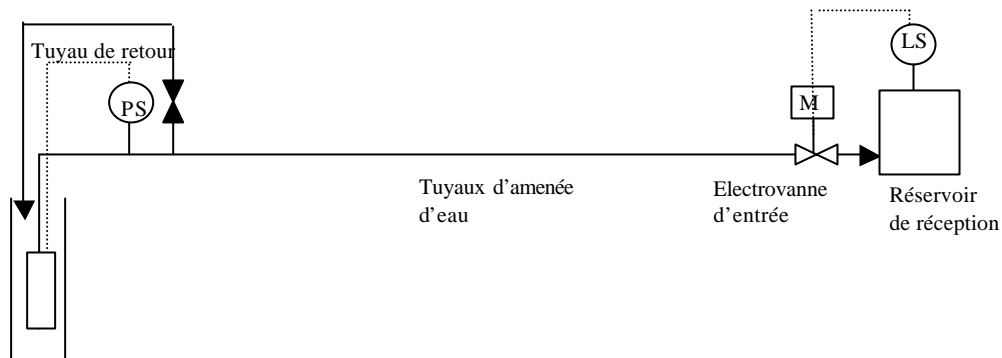
Par conséquent, il est idéal de faire fonctionner et commander des pompes de prise d'eau automatiquement, mais en tenant compte de la gestion et de la maintenance après la mise en route, des méthodes complexes de fonctionnement et de commande risquent d'entraîner des problèmes et le présent projet cherchera, dans la mesure du possible, à appliquer des méthodes simples et sûres. Les objectifs du fonctionnement et de la commande des pompes de prise d'eau sont les suivants :

Arrêt des pompes lorsque le réservoir de réception de la station de pompage de transfert d'eau a un haut niveau d'eau et que le débit d'amenée d'eau à partir de chaque station de pompage de prise d'eau doit être mis à zéro ;

Remise en marche des pompes lorsque le niveau d'eau du réservoir de réception baisse.

Afin de parvenir aux objectifs ci-dessus, les systèmes de commande suivants seront appliqués dans le présent projet.

## Système de commande des pompes de forage



Pompe submersible

Figure 2.2.2.4.1 Schéma typique du système de commande des pompes de forage

### Méthode d'arrêt de la pompe de forage

En cas de haut niveau d'eau du réservoir de réception (HWL), une détection est effectuée par un interrupteur de niveau (LS) et un signal est envoyé à l'électrovanne à l'entrée du réservoir de réception pour fermer la vanne.

En cas de hausse de pression dans les tuyaux d'amenée d'eau, le pressostat installé à la sortie de la pompe de prise détecte la pression réglée (P1) pour l'arrêt de la pompe et le signal est envoyé à la pompe de prise pour l'arrêt.

### Méthode de démarrage de la pompe de forage

En cas de bas niveau d'eau du réservoir de réception (LWL), une détection est effectuée par un interrupteur de niveau (LS) et un signal est envoyé à l'électrovanne à l'entrée du réservoir de réception pour ouvrir la vanne.

En cas de baisse de pression dans les tuyaux d'amenée, le pressostat installé à la sortie de la pompe de prise d'eau détecte la pression réglée (P2) pour le démarrage de la pompe et le signal est envoyé à la pompe de prise d'eau pour le démarrage. En outre, en tenant compte de la baisse naturelle de pression dans les tuyaux en raison des fuites de la vanne de retenue, entre autres, une minuterie sera mise en place ainsi qu'un circuit AND qui démarre la pompe lorsqu'une durée spécifiée s'est écoulée et lorsque la pression spécifiée pour démarrage (P2) a été atteinte, afin d'éviter les démarrages et les arrêts trop fréquents de la pompe de prise.

### Dispositifs auxiliaires du système de commande

Un tuyau de retour sera mis en place à la sortie de la pompe en tant que dispositif auxiliaire du système. Au cas où il serait impossible de commander le démarrage et l'arrêt de la pompe au moment des réparations du pressostat, la pompe de prise d'eau fonctionne en continu et, au lieu d'arrêter la pompe lors de la fermeture de l'électrovanne de l'entrée du réservoir de réception, le débit minimum de la pompe de prise (environ 30% du débit nominal) est retourné dans le puits.

#### (2) Méthodes de branchement aux canalisations d'amenée d'eau

Deux méthodes sont envisageables pour l'envoi de l'eau des pompes des six forages jusqu'à la station de pompage de transfert d'eau. La première consiste à envoyer l'eau provenant de chaque pompe par un seul tuyau d'amenée d'eau (méthode par tuyau commun) et l'autre à prévoir un tuyau d'amenée d'eau par pompe (méthode par tuyau individuel). La comparaison entre ces deux méthodes est présentée dans le tableau 2.2.2.4-2.

Tableau 2.2.2.4-2 Comparaison entre les méthodes de branchement aux tuyaux d'amenée d'eau

Rubrique	Tuyau individuel	Tuyau commun
Coût des tuyaux	Plus chère que le tuyau commun sur une longue distance de transfert d'eau.	Moins chère que le tuyau individuel sur une longue distance de transfert d'eau.
Méthode de commande	Préférable et simple dans le cas de la commande du fonctionnement d'une seule pompe.	Complexe en raison de la nécessité de procéder à la commande en tenant compte de l'équilibre de la pression d'ensemble, requiert un niveau de commande sophistiqué.
Méthode de gestion et de maintenance	Pas d'influence sur les autres pompes lors de la maintenance d'une seule pompe.	Lors de la maintenance d'une seule pompe, déséquilibre de la pression de l'ensemble des canalisations d'amenée et possibilité d'influence sur le fonctionnement des autres pompes.
Disposition des puits	Appropriée à des puits disséminés sur une vaste superficie,	Appropriée à plusieurs puits regroupés sur une petite superficie.

Comme indiqué précédemment, le présent projet évitera d'adopter des méthodes sophistiquées pour la commande de fonctionnement des pompes en tenant compte de la gestion et de la maintenance et sélectionnera, dans la mesure du possible, des méthodes simples et sûres. La méthode de tuyau commun présente l'avantage d'un faible coût de construction, en prenant en considération le fait que, dans le présent projet, on doit effectuer la commande et le fonctionnement des pompes ayant des conditions différentes (avec différents débits et hauteurs d'eau pour chaque pompe) et disséminées sur une vaste



superficie, la sélection d'une méthode de tuyau commun peut s'avérer dangereuse. Des tuyaux individuels seront donc appliqués en raison de leur méthode de fonctionnement simple et sûre.

### (3) Plan des équipements électriques

Des équipements de réception électrique et des tableaux de commande seront mis en place en tant qu'équipements d'alimentation électrique pour la puissance électrique, les sources électriques du bâtiment des pompes (éclairage, etc.), la surveillance et la commande ainsi que pour les instruments électriques. La partie mauritanienne sera chargée de l'électrification jusqu'à l'intérieur du bâtiment et rejoindra la partie japonaise à l'étape de tableaux de réception électrique.

### (4) Plan de construction du bâtiment des stations de pompage de forage

Un bâtiment des stations de pompage de forage sera construit afin de procéder à la maintenance des équipements de pompage et de les protéger contre le vent et la pluie. Le plan de disposition des installations est présenté dans le schéma du concept de base KWS-16 et les principales spécifications sont les suivantes.

#### Spécifications des bâtiments

- Fondations	Fondation directe
- Structures supérieures (poutres, piliers, etc.)	Béton armé
- Sol	Béton armé
- Partitions	Parpaings de béton
- Murs extérieurs	Béton armé

#### Spécifications des équipements du bâtiment

- Eclairage	Normes JIS pour la luminosité. Lampes fluorescentes ou au mercure.
- Ventilation	Ventilateurs ou ventilation naturelle par volet
- Extincteurs	Extincteurs ABC (Type 3 kg)

### 2.2.2.5 Plan des canalisations de transfert d'eau

#### (1) Tracé prévu et longueur des canalisations

Les canalisations de transfert d'eau servent à envoyer, par pompes de transfert d'eau, l'eau sous pression vers le bassin de distribution situé sur un terrain élevé dans la ville. La station de pompage de transfert d'eau sera installée à 7 km au nord-ouest de la ville, à proximité de la route nationale n°3 (Route de l'Espoir). Par conséquent, le tracé prévu pour les canalisations de transfert d'eau sera le long de la route nationale à partir de la station de pompage de transfert d'eau. Le tracé détaillé d'après la reconnaissance sur le terrain est indiqué dans la Figure 2.2.2.3-1 ainsi que dans les schémas du concept de base KWS-20 à KWS-22. La longueur des canalisations de ce tracé prévu est de 8.770 m.

#### (2) Volumes de transfert d'eau prévus

Le transfert d'eau de la station de pompage de transfert d'eau jusqu'au bassin de distribution aura lieu en continu 24 heures sur 24, en raison de la nécessité d'assurer un stockage de l'eau en permanence, afin que le bassin de distribution puisse fonctionner même en cas d'urgence, que l'approvisionnement soit limité à certaines heures ou non dans les zones.

Les volumes de transfert d'eau prévus seront déterminés à partir des volumes de la demande en eau dans les zones à approvisionner. Ces volumes d'ici l'année cible du projet (2008) sont indiqués dans le Tableau 2.2.2.5-1 ci-après.

Tableau 2.2.2.5-1 Volumes de transfert d'eau prévus

Année	2005	2006	2007	2008
Volume horaire de transfert d'eau (m <sup>3</sup> /h)	85,0	88,8	92,9	96,7
Volume journalier de transfert d'eau (m <sup>3</sup> /h)	2.040	2.130	2.230	2.320

#### (3) Diamètre des canalisations

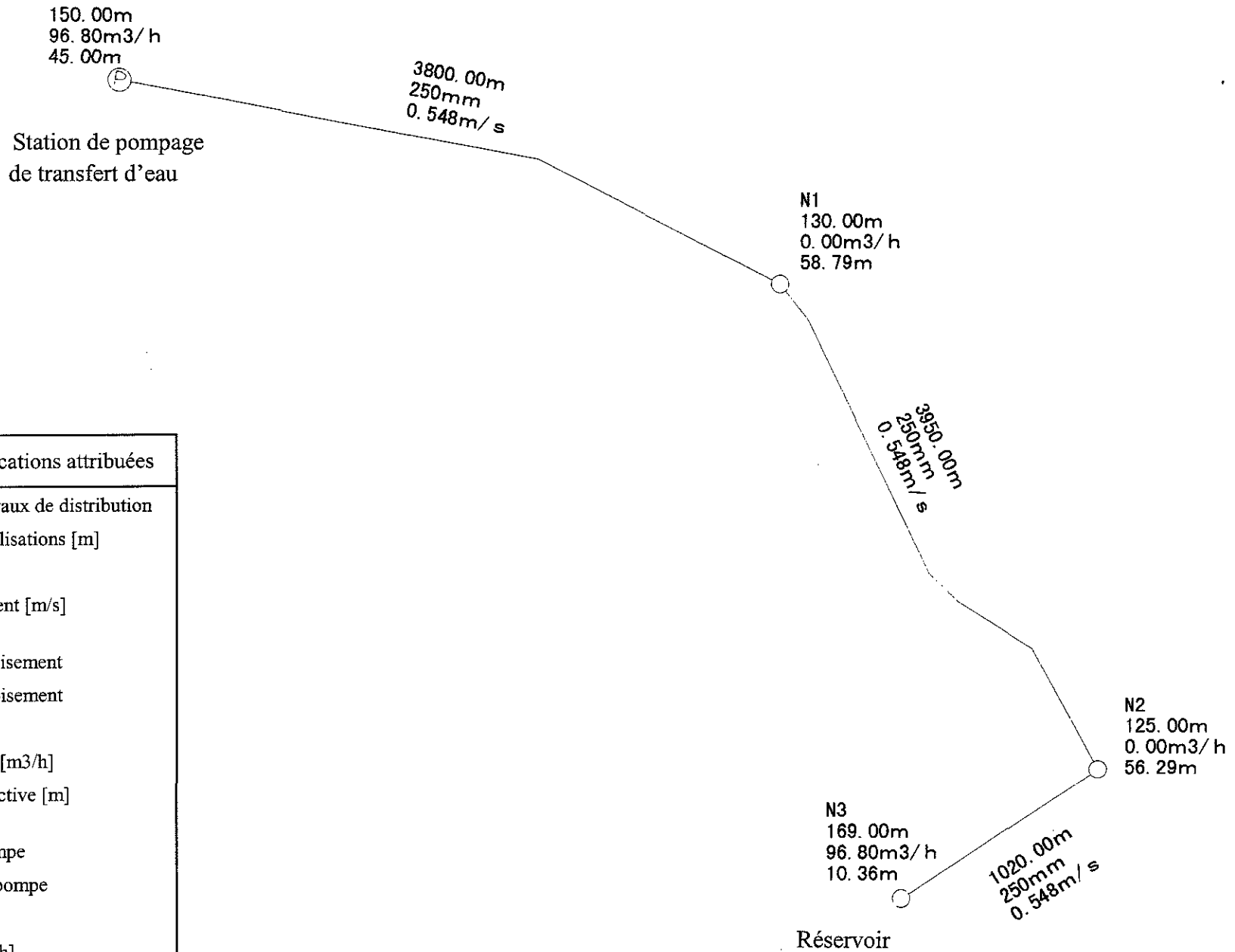
Une analyse hydraulique a été effectuée, comme pour les canalisations d'amenée d'eau précitées, afin de déterminer le diamètre des canalisations de transfert d'eau. Les résultats de cette analyse hydraulique sont indiqués dans la Figure 2.2.2.5-1.

#### (4) Type de tuyaux

En ce qui concerne les types de tuyaux pour les canalisations de transfert d'eau, on peut envisager des tuyaux en fonte ductile, en PVC, en béton, etc., mais des tuyaux en fonte ductile seront utilisés dans le présent projet pour les raisons suivantes :

- Il s'agit des principales installations du système d'approvisionnement qui seront mises en place sur une longueur importante – 8,8 km au total – et avec une seule ligne de tuyaux. Il est donc nécessaire de sélectionner un matériel excellent sur le plan de la durabilité.
- Ce type de tuyaux est généralement utilisé en Mauritanie.

### Canalisations de transfert d'eau Analyse hydraulique – Hauteur d'eau effective, diamètres des tuyaux et vitesse d'écoulement



#### Exemple d'indications attribuées

- Type attribué : Tuyaux de distribution
- Longueur des canalisations [m]
- Diamètre [mm]
- Vitesse d'écoulement [m/s]
  
- Type attribué : Croisement
- Désignation du croisement
- Hauteur du sol [m]
- Volume d'eau pris [m³/h]
- Hauteur d'eau effective [m]
  
- Type attribué : Pompe
- Désignation de la pompe
- Hauteur du sol [m]
- Débit (sortie) [m³/h]
- Hauteur totale (sortie) [m]

Figure 2.2.2.5-1 Résultats de l'analyse hydraulique des canalisations de transfert d'eau

### 2.2.2.6 Plan des installations des stations de pompage de transfert d'eau

La station de pompage de transfert d'eau comprend les équipements des pompes de transfert d'eau, le réservoir de réception, les équipements électriques, les équipements d'injection du chlore ainsi que des installations de travaux de génie civil. Cette station jouera un rôle central sur le plan du fonctionnement, de la gestion et de la maintenance après l'achèvement de l'ensemble des installations réalisées dans le cadre du présent projet. Le contenu de chacune des installations est indiqué ci-après.

Par ailleurs, la vue en coupe du système de transfert d'eau, y compris les canalisations de transfert d'eau, est présentée dans la Figure 2.2.2.6-1.

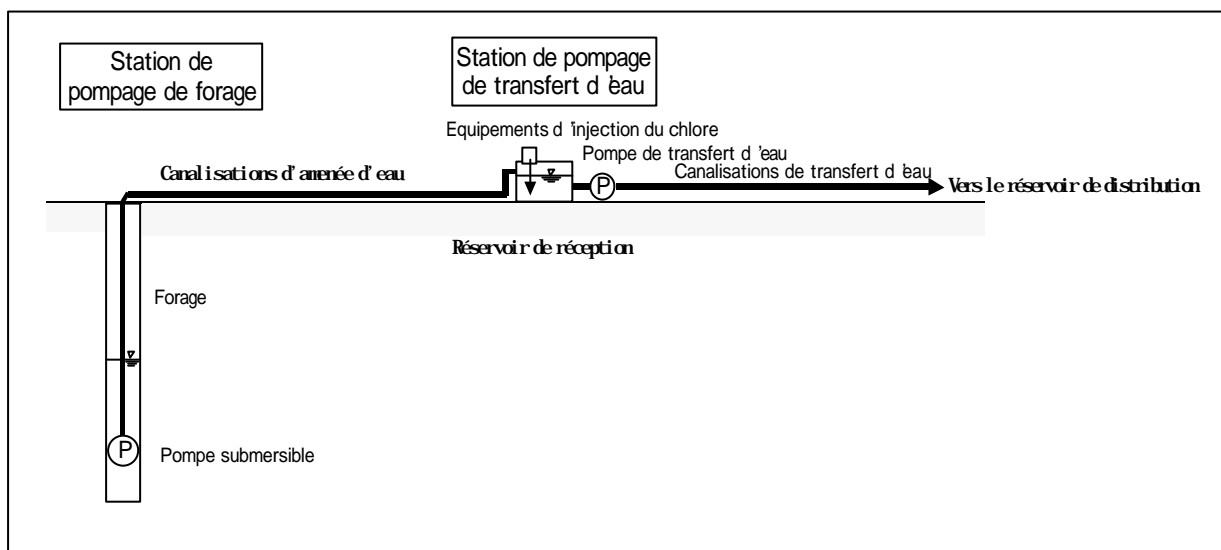


Figure 2.2.2.6-1 Vue en coupe du système de transfert d'eau

#### (1) Plan des équipements des pompes de transfert d'eau

##### 1) Conditions d'étude du plan des équipements des pompes

Les équipements des pompes sont conçus d'après le débit et la hauteur prévus qui sont déterminés de la manière suivante.

##### Débit prévu

Le débit prévu des pompes de transfert d'eau sera calculé en supposant l'envoi au réservoir de distribution, durant un fonctionnement continu de 24 heures sur 24, de l'eau pour l'approvisionnement journalier de la zone à distribuer dans la ville de Kiffa d'ici l'année cible de 2008.

$$\text{Débit prévu} = \text{volume journalier alimenté} / 24 \text{ heures} = 2.320 \text{ m}^3 / 24 = 96,7 \text{ m}^3/\text{h}$$

Hauteur de pompage prévue

La hauteur de pompage des pompes est calculée selon l'équation suivante.

$$\begin{aligned}\text{Hauteur de pompage prévue} &= \text{Hauteur de pompage réelle (Haut niveau d'eau du bassin} \\ &\quad \text{de distribution - Bas niveau d'eau du réservoir de} \\ &\quad \text{réception)} + \text{Hauteur avec perte des tuyaux de transfert} \\ &\quad \text{d'eau} + \text{Autres pertes de hauteur (tuyaux dans la station} \\ &\quad \text{de pompage, autour du réservoir de distribution, etc.)} \\ &= 23 \text{ m} + 16,5 \text{ m} + 5,5 \text{ m} = 45 \text{ m}\end{aligned}$$

## 2) Nombre et spécifications des pompes

Nombre de pompes

Le nombre de pompes sera calculé à partir du débit prévu. Il sera déterminé afin de contrôler le débit par pompe en effectuant un fonctionnement en parallèle, si le débit prévu augmente. Le coût des équipements des pompes est déterminé selon le débit prévu et le nombre de pompes ne change pratiquement pas.

Le présent projet prévoit deux pompes pour le fonctionnement et une pompe de réserve pour la maintenance, à savoir un total de 3 pompes. Par conséquent, le débit prévu par pompe sera le suivant.

$$\text{Débit prévu par pompe} = 96,7 \text{ m}^3/\text{heure} \times \frac{1}{2} = 48,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Spécifications des pompes

Des pompes centrifuges seront sélectionnées, en fonction du débit prévu et de la hauteur de pompage prévue par pompe, et en tenant compte de la polyvalence et de la facilité de fonctionnement en tant que pompes de transfert d'eau. Les trois pompes seront de même type afin d'uniformiser des pièces.

## 3) Méthodes de fonctionnement et de commande

Les pompes de transfert d'eau fonctionneront en principe 24 heures sur 24 et il serait souhaitable, en tenant compte du fait que du personnel sera posté en permanence dans la station et de la gestion et de la maintenance après la mise en route, d'appliquer dans la mesure du possible des méthodes de fonctionnement et de commande simples et sûres, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à des moyens sophistiqués. Toutefois les mesures minimums nécessaires seront appliquées afin d'éviter les problèmes de fonctionnement des pompes en cas d'urgence ou en raison d'erreurs humaines.

## Marche et arrêt des pompes

La marche et l'arrêt des pompes sont généralement laissés au jugement humain et une méthode automatique par simple pression sur un bouton pour le démarrage, le fonctionnement, le transfert et l'arrêt sera adoptée.

### Arrêt automatique des pompes en cas d'urgence

#### En cas de haut niveau d'eau du réservoir de distribution

Au cas où le niveau d'eau dans le réservoir de distribution dépasserait le haut niveau d'eau, les pompes seront mises automatiquement à l'arrêt selon la procédure suivante.

Fermeture de la vanne de niveau d'eau fixe à l'entrée du réservoir de distribution

Augmentation de la pression dans les tuyaux de transfert d'eau

Détection de pression à la sortie de la pompe de transfert d'eau

Arrêt automatique de la pompe

Par ailleurs, la remise en marche des pompes sera effectuée manuellement par l'opérateur après avoir confirmé que la vanne d'entrée du bassin de distribution est ouverte et que la pression dans les tuyaux a baissé.

#### En cas de bas niveau d'eau du réservoir de réception

Au cas où le niveau d'eau dans le réservoir de réception serait inférieur au bas niveau les pompes seront mises automatiquement à l'arrêt selon la procédure suivante afin d'éviter un fonctionnement à vide.

Bas niveau d'eau du réservoir de réception

Détection du niveau par l'interrupteur de niveau installé dans le réservoir de réception

Arrêt automatique de la pompe

Par ailleurs, la remise en marche des pompes sera effectuée manuellement par l'opérateur après avoir confirmé que le niveau d'eau du réservoir de réception est de nouveau normal.

## (2) Plan des équipements électriques

Des équipements de réception électrique et des tableaux de distribution basse pression seront mis en place en tant qu'équipements d'alimentation électrique pour la puissance électrique, les sources électriques du bâtiment des pompes (éclairage, chauffage, etc.), la surveillance et la commande ainsi que pour les instruments électriques. La partie mauritanienne sera chargée de l'électrification jusqu'à l'intérieur du bâtiment et rejoindra la partie japonaise aux tableaux de réception électrique.

## (3) Plan du réservoir de réception

### 1) Fonction du réservoir de réception

Le réservoir de réception a pour fonction de stocker provisoirement l'eau amenée par les pompes de forage et de la fournir sans problème aux pompes de transfert d'eau. Le réservoir de réception n'ayant pas les capacités suffisantes pour le stockage des volumes de distribution d'eau dans la ville de Kiffa, cette fonction sera assurée par le réservoir de distribution.

Le réservoir de réception a pour principal objectif d'ajuster le débit du volume d'amenée et du volume de transfert en cas d'arrêt partiel des pompes pour la maintenance, ou en cas d'urgence comme un débordement du niveau d'eau du réservoir de distribution.

Par ailleurs, le volume horaire d'amenée d'eau vers le réservoir de réception dépassera le volume horaire de transfert des pompes de transfert d'eau d'ici 2008, année cible du projet, et il sera nécessaire de procéder à un ajustement du volume d'amenée. Cet ajustement sera en principe effectué en sélectionnant le nombre de pompes mais le réservoir de réception joue également un rôle dans ce procédé. L'ajustement du débit du volume d'amenée d'eau par le réservoir de réception est présenté en détail dans le Plan des installations des stations de pompage de prise d'eau (2.2.2.4) ci-dessus.

### 2) Contenu des installations du réservoir de réception

Les installations du réservoir de réception auront le contenu suivant :

Capacité :	40 m <sup>3</sup>
Structure :	en béton armé monobloc avec le bâtiment des pompes
Equipements auxiliaires :	tuyaux d'entrée, tuyaux de sortie, tuyaux de trop-plein, tuyaux de drainage, événements, compteurs de niveau d'eau, trous d'inspection, etc.

## (4) Equipements d'injection de chlore



A l'heure actuelle en Mauritanie, et à l'exception de Nouakchott, la désinfection au chlore de l'eau n'est pas effectuée, en raison du fait que les sources d'eau sont relativement peu éloignées des points de consommation.

Les sources d'eau du présent projet proviennent de forages et la qualité de l'eau correspond généralement aux critères requis pour l'eau potable. Toutefois, ces sources d'eau étant éloignées au maximum de 30 km des points de consommation, elles risquent d'être contaminées durant le transport jusqu'aux consommateurs. Par conséquent, une désinfection au chlore sera nécessaire.

Les équipements d'injection de chlore seront installés dans la station de pompage de transfert d'eau où un opérateur est prévu en permanence, et l'injection aura lieu dans le réservoir de réception (Voir Figure 2.2.2.6-1, pour les détails, voir le schéma du concept de base KWS-19). L'agent de désinfection sera de l'hypochlorite de sodium, commercialisé sur le marché mauritanien (teneur en chlore de 3,6%).

La quantité de chlore injecté sera calculée conformément à l'équation indiquée dans « Orientations et explications pour la conception des installations d'approvisionnement en eau » du Japon.

$$V = Q \times R \times 100/C \times 1/d \times 10^{-3}$$

Dans laquelle,

V : Volume injecté (L/h)

Q : Quantité d'eau à traiter (m<sup>3</sup>/h)

R : Pourcentage d'injection de chlore liquide (mg/L)

C : Teneur effective en chlore (%)

d : Densité pour C % (kg/L)

Cette équation sert à calculer la quantité d'agent chloré (dans le cas présent, l'hypochlorite de sodium) pour correspondre au taux d'injection de chlore liquide spécifié [teneur en chlore de l'eau pure au moment de l'injection de l'agent chloré] (différente selon la qualité de l'eau brute mais, dans le cas du présent projet, l'eau provenant d'eaux souterraines étant de bonne qualité, cette teneur sera de 1 mg/l) afin d'assurer la valeur standard (0,1 mg/l) de chlore résiduel aux terminaux des canalisations du système d'approvisionnement en eau, dans le cas où un autre agent que le chlore liquide est utilisé.

En d'autres termes, le volume d'injection d'hypochlorite de sodium V pour que le taux d'injection de chlore liquide R soit égal à 1 mg/l, avec une teneur effective en chlore C de 3,6% et une densité d de 1,08 kg/l pour l'hypochlorite de sodium en vente sur le marché et une quantité d'eau à traiter Q de 96,7 m<sup>3</sup>/h, sera égal à

$$V = 96,7 \times 1 \times 100 / 3,6 \times 1 / 1,08 \times 10^{-3} = 2,5 \text{ L/h}$$

Tableau 2.2.2.6-1 Spécification des équipements d'injection de chlore de la station de pompage de transfert d'eau

Rubrique	Spécifications	Remarques
Chlore résiduel	0,1 mg/L	Valeur standard
Agent désinfectant	Hypochlorite de sodium	Acquisition possible en Mauritanie
Emplacement de l'injection de chlore	Réservoir de réception	
Emplacement de l'installation des équipements d'injection de chlore	2 ensembles sur le toit du réservoir de réception	1 ensemble par réservoir
Volume de chlore injecté	2,5 L/h	1,25L/h par équipement d'injection de chlore
Type d'injection	Injection par gravité	Injection à la partie supérieure du réservoir de réception

#### (5) Plan des installations de travaux de génie civil

##### 1) Contenu du plan

Les installations de travaux de génie civil de la station de pompage de transfert d'eau seront les suivants :

- Bâtiment des pompes de transfert d'eau (1)
- Bâtiment administratif (salle du gardien, salle des pièces de rechange) (1)
- Fondations pour les équipements des pompes
- Route et revêtement dans la station
- Installations de drainage

##### 2) Plan de disposition des installations

Le plan de disposition des installations à l'intérieur de la station de pompage de transfert d'eau est indiqué dans le schéma du concept de base KWS-17, et les superficies des bâtiments des principales installations sont les suivantes.

- Salle des pompes de transfert d'eau                      Environ 38 m<sup>2</sup>
- Bureau administratif    Environ 10 m<sup>2</sup>
- Entrepôt pour pièces de rechange                      Environ 10 m<sup>2</sup>

##### 3) Contenu des principales installations

Des plans en vue de dessus et des plans en relief seront élaborés pour chacune des installations afin de déployer les fonctions des équipements des stations de transfert d'eau qui seront construites dans le cadre du présent projet.

Bâtiment des pompes de transfert d'eau

#### Spécifications des bâtiments

- Fondations	Fondation directe
- Structures supérieures (poutres, piliers, etc.)	Béton armé
- Tuyaux de distribution, fosses à câbles, etc.	Béton armé
- Sol	Béton armé
- Partitions	Parpaings de béton
- Murs extérieurs	Béton armé
- Menuiserie mobile	Acier

#### Spécifications des équipements du bâtiment

- Eclairage	Normes JIS pour la luminosité. En principe, lampes fluorescentes ou au mercure.
- Ventilation	Ventilateurs ou ventilation naturelle par volet
- Extincteurs	Extincteurs ABC (Type 3 kg)

Travaux extérieurs

#### Route dans la station

Une route circulaire sera prévue autour du bâtiment des pompes de transfert d'eau pour assurer le passage de véhicules pour le fonctionnement, la gestion et la maintenance. Cette route sera recouverte de graviers.

#### Eclairage extérieur

Un éclairage extérieur sera prévu pour les inspections et la maintenance nocturnes.

#### Installations de drainage

Les eaux de trop-plein du réservoir de réception ainsi que les eaux évacuées lors du nettoyage du fond du réservoir seront évacuées vers l'extérieur par l'écoulement naturel et s'infiltreront dans le sol au moyen d'un puisard d'infiltration. Ce puisard aura une capacité correspondant au volume d'évacuation.

### 2.2.2.7 Plan du réservoir de distribution

#### (1) Etude de la méthode de distribution

Les trois méthodes de distribution présentées dans le Tableau 2.2.2.7-1 peuvent être utilisées dans le cadre du présent projet. Toutefois, la méthode permettant de procéder le plus facilement possible à la gestion et à la maintenance sera sélectionnée en tenant compte également des caractéristiques du relief.

Tableau 2.2.2.7-1 Schéma typique des méthodes de distribution

Cas	Caractéristiques	Schéma typique
Cas 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existence d'un terrain en hauteur à proximité de la zone à alimenter.</li> <li>- Distribution des eaux de la zone à alimenter par l'écoulement naturel à partir du réservoir de distribution.</li> </ul>	
Cas 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relief plat, sans terrain en hauteur proche de la zone à alimenter.</li> <li>- Distribution des eaux de la zone à alimenter par pression par pompes à partir du réservoir de distribution.</li> </ul>	
Cas 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relief plat, sans terrain en hauteur proche de la zone à alimenter.</li> <li>- Distribution des eaux de la zone à alimenter par l'écoulement naturel à partir du réservoir surélevé.</li> </ul>	

En résultat de l'étude comparative entre les méthodes ci-dessus, le cas 1 a été jugé le plus approprié d'un point de vue global comme indiqué ci-dessous, et la méthode du cas 1, à savoir bassin de distribution (en hauteur) + méthode d'écoulement naturel sera appliquée.

Tableau 2.2.2.7-2 Sélection de la méthode de distribution

	Coûts de construction	Coûts de gestion et de maintenance	Evaluation globale
Cas 1			
Cas 2		x	
Cas 3	x		

## (2) Détermination de la capacité du bassin de distribution

Le réservoir de distribution devra pouvoir procéder aux ajustements des fluctuations des volumes de la demande en eau et assurer les volumes et la pression d'eau définis en cas d'urgence.

La capacité du réservoir de distribution correspondant généralement en Mauritanie au volume d'eau de 12 heures de volume d'approvisionnement en eau maximum prévu par jour, un volume pour 12 heures sera également prévu pour le présent projet. Par conséquent, la capacité du réservoir de distribution sera calculée de la manière suivante.

$$\begin{aligned}\text{Capacité du réservoir de distribution} &= \text{population prévue} \times \text{volume d'eau approvisionné} \\ &\text{unitaire} \times 12/24 \\ &= 83.000 \times (0,8 \times 0,03 + 0,2 \times 0,02) \times 0,5 \\ &= 1.160 \text{ m}^3\end{aligned}$$

## (3) Fondations et structures

### 1) Fondations

Des essais de pénétration dynamique pour confirmer la position originale pouvant être effectués en Mauritanie ont été confiés au Laboratoire pour les essais de la qualité des sols du Ministère des Travaux Publics dans la zone prévue pour l'installation du réservoir de distribution. Ces essais ont été effectués conformément au STANDARD P94-114 des normes AFNOR (Association des normes françaises), méthode consistant à faire pénétrer directement un cône dans le sol afin d'en mesurer la solidité (résistance de pénétration). Les résultats des essais de la qualité des sols sont présentés dans le document 7 en annexe.

Après des études dans 4 emplacements, à des profondeurs respectives de 15 m, la présence d'une couche de sable a été confirmée jusqu'à 15 m de profondeur dans la zone prévue.

Le réservoir de distribution étant en béton armé, il doit être conçu afin d'éviter les fuites d'eau dues aux craquelures provoquées par un effondrement inégal. Par conséquent, les fondations du réservoir de distribution devront prévoir non seulement la solidité du sol mais également la sécurité par rapport à l'effondrement. L'étude des types de fondation pour le réservoir de distribution est la suivante.

Réaction du sol

#### Long terme (en permanence : plein d'eau)

La charge verticale à long terme correspond au total du poids du réservoir lui-même, ajouté au poids de l'eau dans le réservoir et à la charge des plaques de toiture (100 kg/cm<sup>2</sup>).

#### Court terme (au moment du nettoyage)

L'étude sera effectuée en supposant que, pendant le nettoyage et à court terme, une partie du réservoir est pleine d'eau alors que l'autre partie est vide. Dans ce cas, il sera possible d'utiliser une valeur à court terme pour la force de soutien permmissible.

Les réactions du sol sont indiquées dans le Tableau 2.2.2.7-3.

Tableau 2.2.2.7-3 Réactions du sol du réservoir de distribution

Charge	Long terme (en permanence : 2 réservoirs pleins d'eau)	Court terme (nettoyage : 1 plein et l'autre vide)
Poids du réservoir (t)	892,9	892,9
Poids de l'eau (t)	$611,3 \times 2 = 1222,6$	611,3
Charge des plaques de toiture (100 kg/cm <sup>2</sup> )	30,0	30,0
Total de la charge verticale (t)	2145,5	1534,1
Superficie des plaques de fond (m <sup>2</sup> )	$20,0 \times 15,0 = 300,0$	300,0
Réaction du sol (t/m <sup>2</sup> )	7,58	Q <sub>max</sub> =8,11, Q <sub>min</sub> =2,12

#### Effondrement

La partie située sous le réservoir de distribution est une couche de sable ferme, sans présence de couches intercalaires d'argile ou de limons à l'origine des effondrements et il n'y a donc pas à craindre d'effondrement du bassin.

#### Force de soutien du sol

Le sol où sera installé le réservoir de distribution présentant des inégalités de surface, des travaux de nivellement d'1 m environ seront nécessaires et ils seront effectués par la partie mauritanienne.

Par conséquent, le niveau du sol (GL) après le nivellement du terrain sera plus profond d'un mètre qu'au moment de l'étude de la qualité des sols.

Tableau 2.2.7-4 Force de soutien permissible du réservoir de distribution (Long terme)

Profondeur (m)	Force portante permissible $q_a$ ( $t/m^2$ )	
	Valeur par essai de pénétration dynamique	Valeur par l'équation de force de soutien de Terzaghi (Orientations de la conception des structures de fondations des bâtiments)
1,0	16,1	54,9

Note: La force de soutien permissible à court terme, sera de 1,5 fois la valeur indiquée ci-dessus.

La force de soutien permissible du sol excède la valeur de réaction du sol du réservoir de distribution aussi bien pour le long terme que pour le court terme et il n'y a donc pas de problème à relever.

#### Type de fondation appliquée

La réaction du sol du réservoir de distribution est inférieure à la force de soutien permissible du sol et, étant donné qu'il n'a pas à craindre d'effondrement ni de panne de fonctionnement grave en raison de l'apparition de craquelures dans le corps du bassin de distribution par un effondrement inégal, il ne sera pas nécessaire de procéder à des travaux de renforcement de fondations, comme des travaux d'amélioration des sols par exemple.

Des fondations sur radier, transmettant de répartir facilement les charges de manière uniforme dans le sol, seront adoptées.

## 2) Structures

Une structure en béton armé (RC) et une structure en béton précontraint (PC) peuvent être envisagées comme une méthode de structure pour le réservoir de distribution. Toutefois, la structure en béton armé sera sélectionnée pour les raisons suivantes.

- Les structures en béton précontraint (PC) conviennent aux réservoirs de grande capacité, supérieure à  $10.000 \text{ m}^3$ .
- Aucun réservoir en béton précontraint n'existe en Mauritanie.
- Les réservoirs de distribution en Mauritanie ont une capacité d'environ  $5.000 \text{ m}^3$  au maximum et une structure en béton armé convient.

Les réservoirs sont généralement de forme circulaire ou rectangulaire, et des réservoirs rectangulaires seront sélectionnés pour le présent projet en raison de la facilité de construction.