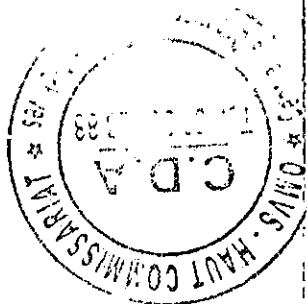


13983



REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

\*\*\*\*\*

SOCIÉTÉ NATIONALE D'AMÉNAGEMENT ET D'EXPLOITATION  
DES TERRES DU DELTA DU FLEUVE SENEGAL ET DES VALLÉES DU FLEUVE  
SENEGAL ET DE LA FALEMÉ

\*\*\*\*\*

PROJET DE DÉVELOPPEMENT INTÉGRÉ DES RESSOURCES  
EN EAU ET DE DÉVELOPPEMENT DES USAGES MULTIPLES  
DU BASSIN DU FLEUVE SENEGAL

**ETUDES (APD-DCE) POUR LA :**

- ✓ REHABILITATION DES 700 HA DE ORKADIÈRE ET DE HAMADY OUNARE
- ✓ MODIFICATION DES STATIONS DE POMPAGE DE ORKADIÈRE  
ET DE HAMADY OUNARE
- ✓ LA RÉALISATION DE L'OUVRAGE DE TÊTE DU DIOULOL
- ✓ LA RÉALISATION DES OUVRAGES D'ALIMENTATION ET DE VIDANGE  
DE YEDIA ET DE NABADJI CIVOL DES CUVETTES DE DECRUE DE YEDIA  
ET DE NABADJI



**Volume II:**

**ACTUALISATION DES ÉTUDES APD POUR LA RÉALISATION  
DE L'OUVRAGE DE CONTRÔLE DU DIOULOL  
VERSION PROVISOIRE**

**GROUPEMENT**



MAURITANIAN CONSULTING GROUP



GROUPEMENT D'INGÉNIEURS



## SOMMAIRE

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>3</b>
1.1 CADRE GENERAL DE L'ETUDE .....	3
1.2 OBJECTIFS DE L'OUVRAGE .....	4
<b>2. GENERALITES .....</b>	<b>6</b>
2.1 LOCALISATION .....	6
2.2 RAPPEL DES AMENAGEMENTS PREVUS PAR L'ETUDE APD 2001 .....	6
2.2.1 Implantation .....	6
2.2.2 Composantes de l'ouvrage .....	6
<b>3. ACTUALISATION DE L'ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE DE L'OUVRAGE .....</b>	<b>9</b>
3.1 HYPOTHESES DE CALCUL .....	9
3.1 OBJECTIFS DE L'ETUDE .....	9
3.2 IMPLANTATION DE L'OUVRAGE .....	9
3.3 ANALYSE DE LA SITUATION ACTUELLE .....	9
3.3.1 Descriptif de la situation .....	9
3.3.2 Travaux topographiques .....	9
3.3.3 Topographie géotechniques .....	10
3.3.4 Fonctionnement hydraulique .....	11
3.4 LE PROJET .....	11
3.4.1 Hypothèses de calcul hydraulique .....	11
3.5 COMPOSANTES RETENUES DE L'OUVRAGE DU DIOULOL .....	12
3.5.1 Le seuil .....	12
3.5.2 Implantation et composition de l'ouvrage .....	12
3.5.3 Description de la structure centrale du seuil .....	13
3.5.4 Description des structures latérales du seuil .....	17
3.5.5 Description de la passerelle d'accès à la station de pompage .....	18
3.5.1 Traitement du talweg en aval de l'ouvrage .....	18
<b>4. STATION DE POMPAGE ET DE RELEVAGE DES EAUX .....</b>	<b>20</b>
4.1 LE TYPE DE STATION DE RELEVAGE PROPOSE .....	20
4.2 PARTICULARITES DE LA STATION DE RELEVAGE .....	21
4.3 DONNEES HYDRAULIQUES .....	21
4.3.1 Débit requis .....	21
4.3.2 Hauteur manométrique totale (HMT) .....	22
4.3.3 Conditions hydrauliques .....	24
4.4 DIMENSIONNEMENT ET CHOIX DES POMPES ET ACCESSOIRES .....	25
4.4.1 Dimensionnement et choix des pompes .....	25
4.4.2 Evaluation de la puissance .....	25
4.4.3 Type de pompe .....	26
4.4.4 Equipements et ouvrages annexes de la station .....	28
4.4.5 Equipements hydromécaniques de la station .....	29
4.5 ALIMENTATION ELECTRIQUE .....	30
4.5.1 Source d'alimentation électrique Réseau SENELEC .....	30
4.5.2 Evaluation de la puissance électrique .....	31
4.5.3 Bilan de puissance .....	31
4.5.4 Le transformateur de puissance et accessoires .....	32
4.5.5 Câblerie .....	34
4.5.6 Equipements électriques de commande et de protection .....	35
4.5.7 Armoire de commande .....	37
4.6 CONDITIONS DE SERVICES ET DE FONCTIONNEMENT .....	41
4.6.1 La commande des groupes de pompage .....	41
4.6.2 Conditions de fonctionnement .....	42
4.6.3 Principe de régulation .....	43
4.6.4 Surveillance du fonctionnement des groupes de pompage .....	43
<b>5. SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES COMPOSANTES DU PROJET .....</b>	<b>45</b>
5.1 EQUIPEMENTS HYDROMECHANIQUES, PIECES SPECIALES ET ROBINETTERIE .....	45

5.2 TRAVAUX DE GENIE CIVIL .....	45
5.2.1 Réalisation de l'ouvrage .....	45
5.2.2 Déblais .....	45
5.2.3 Remblais .....	45
5.3 GESTION DE L'OUVRAGE .....	45
5.3.1 Contrôle des débits .....	46
5.3.2 Contrôle des niveau d'eau .....	46
<b>6. IMPACTS DES AMENAGEMENTS SUR L'ENVIRONNEMENT .....</b>	<b>47</b>
6.1 IMPACTS POTENTIELS .....	47
6.1.1 Pendant la phase de préparation et de réalisation des travaux .....	47
6.1.2 Pendant la phase d'exploitation .....	47
6.2 CONCLUSION .....	47
<b>7. CONDITIONS DE REALISATION DES TRAVAUX .....</b>	<b>48</b>
7.1 REPARTITION EN LOTS .....	48
7.2 PROGRAMMATION DES TRAVAUX .....	48
7.3 ETUDE D'EXECUTION .....	48
7.4 DELAIS D'EXECUTION .....	48
7.5 OPTIONS TECHNIQUES .....	49
7.6 PRECAUTIONS PARTICULIERES A PRENDRE PAR L'ENTREPRISE .....	49

## 1. INTRODUCTION

Depuis plusieurs décennies, on constate que la pluviométrie est devenue irrégulière avec une mauvaise répartition aussi bien dans l'espace que dans le temps.

Ce phénomène combiné notamment à l'arasement des seuils qui relevaient le niveau du plan d'eau du fleuve en période de crue et permettaient aux stations de pompage de garantir un bon rendement

Depuis plusieurs années le Sénégal déploie beaucoup d'efforts en vue de diversifier les secteurs sur lesquels son économie doit se reposer. Ainsi, plusieurs actions ont été entreprises par la SAED pour promouvoir l'agriculture dans la vallée

Eu égard à cette situation, l'agriculture continue d'occuper une place privilégiée dans la stratégie nationale de développement économique et social, comme l'illustrent les efforts importants qui lui sont consacrés (la GOANA) pour promouvoir son développement et assurer l'autosuffisance alimentaire du pays.

Pour renverser ces tendances et créer les meilleures conditions de promotion d'un développement durable, le Sénégal a continué d'entreprendre des actions permettant d'assurer une répartition spatiale des ressources en eau de surface, compatible avec une valorisation de toutes les potentialités du pays

A cet effet le programme de relèvement du plan d'eau en toute période de l'année sur le marigot du Dioulol a été élaboré et planifié, et fait actuellement l'objet de la présente étude, qui aura pour but l'amélioration des rendements des stations de pompage en période de basses eaux (étiage),

La sauvegarde et le développement des cultures irriguées en saison hivernale et en contre-saison sur les terres riveraines et les périmètres existants du Dioulol, exigent l'assurance de ressources en eau exploitables au cours des campagnes agricoles.

En effet les périmètres actuellement établis le long du Dioulol, ont fait l'objet de travaux de réhabilitation de leurs principales infrastructures de pompage depuis 1999, ne peuvent être valorisés de façon optimale car au niveau des casiers d'Orkadière et de Hamady Ounaré, on constate une disponibilité réduite de l'eau qui n'autorise pas une conduite correcte de la campagne agricole hivernale ceci, a engendré ces dernières années des pertes de récolte importantes et induit l'abandon d'une partie des parcelles de ces périmètres.

### 1.1 CADRE GENERAL DE L'ETUDE

Le Dioulol est l'un des principaux défluent du Fleuve Sénégal dans la Région de Matam. Il alimente les grands casiers de la région et les périmètres irrigués villageois (PIV) situés le long de leur parcours.

Les casiers sont exploités uniquement en hivernage et quasiment en monoculture de riz.

Depuis leur année de création, les casiers irrigués de Orkadière, de Hamady Ounaré et certains périmètres irrigués villageois connaissent des difficultés chroniques d'alimentation en eau par le Dioulol. Ces problèmes résultent de plusieurs phénomènes :

- Le retard pour le remplissage des défluent consécutifs aux aléas de la pluviométrie ;
- La décrue du Fleuve à partir d'Octobre provoquant un retrait prématuré des eaux du Dioulol;
- Les dépôts de sables provenant en particulier des sous bassins versants sableux gênent l'écoulement normal des eaux dans les défluent ;
- L'absence d'ouvrages hydrauliques en tête des défluent pour une meilleure gestion du plan d'eau

Malgré les soutiens répétés de l'OMVS à travers les lâchures effectuées à partir de Manantali, les difficultés demeurent et les populations qui n'ont que l'agriculture comme principale activité se trouvent dans des conditions difficiles.

Face à ces difficultés d'alimentation en eau du Dioulol et de gestion optimale, il s'avère nécessaire de trouver des solutions durables en réalisant des ouvrages de contrôle au niveau de ces défluent en vue de pérenniser l'agriculture irriguée et de développer les cultures de décrue le long dudit axe hydraulique.

Dans ce contexte et afin de sécuriser l'alimentation en eau des périmètres irrigués pendant l'hivernage et ouvrira la possibilité de cultures de contre saison, la SAED a réalisé des études APS et APD pour la réalisation de l'ouvrage de Dioulol. L'ouvrage hydraulique est constitué d'un seuil à l'ouverture équipé de vannes et d'une station de pompage. Le dispositif vise permettre l'alimentation par gravité en période de hautes eaux et par pompage en période de basses eaux du Dioulol.

L'étude d'avant projet détaillé réalisé en 2001 a prévu la réalisation d'un pont de franchissement qui sera associé à l'ouvrage. Le pont de franchissement et le seuil sont des structures de génie civil mécaniquement indépendantes mais imbriquées l'une dans l'autre.

Les travaux réalisés n'ont concerné que le pont qui a été exécuté depuis quelques années et a participé au désenclavement de toutes la zones desservies.

Le pont a été réalisé à une distance de 260 mètre de la confluence du défluent avec le Sénégal.

La réalisation de l'ouvrage du Dioulol est ainsi prévue après avoir réalisé le pont. Dans ce cadre la présente étude a pour objectif définir les options techniques pour la réalisation de l'ouvrage du Dioulol en tenant compte des aménagements du pont réalisé.

Ainsi cette étude vise à actualiser l'étude d'avant projet détaillé réalisée en 2001.

## **1.2 OBJECTIFS DE L'OUVRAGE**

L'objectif principal de la réalisation de l'ouvrage du Dioulol est de maintenir en eau le cours d'eau durant les campagnes agricoles d'hivernage et de contre saison.

Le remplissage du Dioulol s'amorce dès que la côte au Sénégal atteint 10,5 m IGN. Cette montée parvient vers début juillet.

Le seuil (de dépôt) de Bosséabé à la cote de 11,75m IGN environ engendre un retard de remplissage du bief de Ounaré par rapport à celui de Orkadiéré.

Les deux autres seuils (de dépôts) existant plus en aval à Soringo et à Kanel de côtes respectives de 12,5 m IGN et 13,0 m IGN barrent également l'écoulement des eaux en direction de Matam.

La pointe de la crue de la référence se situe vers le 10 septembre et atteint la cote de 17mIGN.

Lors de la décrue qui commence juste après la pointe, les eaux du Dioulol s'écoulent en sens inverse vers le Sénégal.

Ainsi les biefs d'Ounaré et d'Orkdiéré se vidangent progressivement avec la mise à découvert du seuil de Soringo puis celui de Bosséabé.

Il est à noter que le soutien de crue à date fixe n'est pas une garantie de gestion future de Manantali, bien que les lâchures soient prévues entre le 25 août et le 25 septembre. Le phénomène dépend du niveau de remplissage du barrage donc de l'importance de la pluviométrie dans le haut bassin.

La fin de décrue sur le Dioulol est atteinte vers la fin octobre, lorsque la cote des eaux du Sénégal s'établit à 10,0 m IGN à Balel.

Afin de retenir les eaux dans le Dioulol, un ouvrage de seuil est à installer dans la partie centrale du lit et calé à la cote 12,5 m IGN.

Cette cote a été déterminée suite à diverses simulations hydrauliques du cours du Dioulol en fonction des conditions topographiques du lit, des pertes par l'infiltration et évaporation et des besoins en eaux des périmètres irrigués.

Ce seuil doit pouvoir assurer le passage des eaux dès le début de la montée de la crue à la cote 10m IGN sans trop retarder le remplissage des biefs aval d'Orkadiéré et d'Ounaré et lors de la décrue pouvoir contenir les eaux au niveau 12,5 mIGN.

L'ouverture et la fermeture des écoulements est assurée par un dispositif de pertuis équipés de vannes.

Le maintien des niveaux d'eau dans les biefs d'Ounaré et d'Orkadiéré est assuré par le pompage des eaux du Sénégal. Ainsi une station de pompage submersible est associée au seuil.

## **2. GENERALITES**

### **2.1 LOCALISATION**

Le site de l'ouvrage de contrôle du Dioulol se situe juste en aval de la confluence du défluent avec le Sénégal. Il se situe à proximité du village de Ballel et à 16 km en amont de la station de pompage de Orkadiéré.

L'axe de l'ouvrage est orienté S-O/N-E est implanté en travers du lit du Dioulol. Les coordonnées géographiques de l'ouvrage sont : N 15° 16' 14,83 " et O 12 ° 53' 33,0".

Le plan de situation de l'ouvrage ainsi que les différents aménagements de la zone est donné à la page suivante.

### **2.2 RAPPEL DES AMENAGEMENTS PREVUS PAR L'ETUDE APD 2001**

#### **2.2.1 Implantation**

L'ouvrage projeté par l'étude d'avant projet détaillé a été implanté à la limite du pont soit les coordonnées géographiques : N 15° 16' 15,87 " et O 12 ° 53' 34,10".

#### **2.2.2 Composantes de l'ouvrage**

L'étude d'avant projet détaillé réalisé en 2001 a prévu la réalisation d'un ouvrage composé par :

- Un seuil : il assure la retenue de l'eau lors de la phase de décrue du fleuve Sénégal et lors de la phase de pompage en fin de campagne d'hivernage et au cours de la campagne de contre-saison.
- des passes de vannage : elles assurent le remplissage gravitaire du bief aval dès le début de crue,
- une station de pompage : elle assure le remplissage du Dioulol en contre-saison à partir des eaux du Sénégal.

##### **2.2.2.1 Génie civil**

Les caractéristiques techniques du génie civil de ces composantes sont présentées comme suit :

##### **i) L'ouvrage**

Il comporte une structure centrale et deux structures latérales qui sont présentées comme suit :

##### **(a) *Structure centrale***

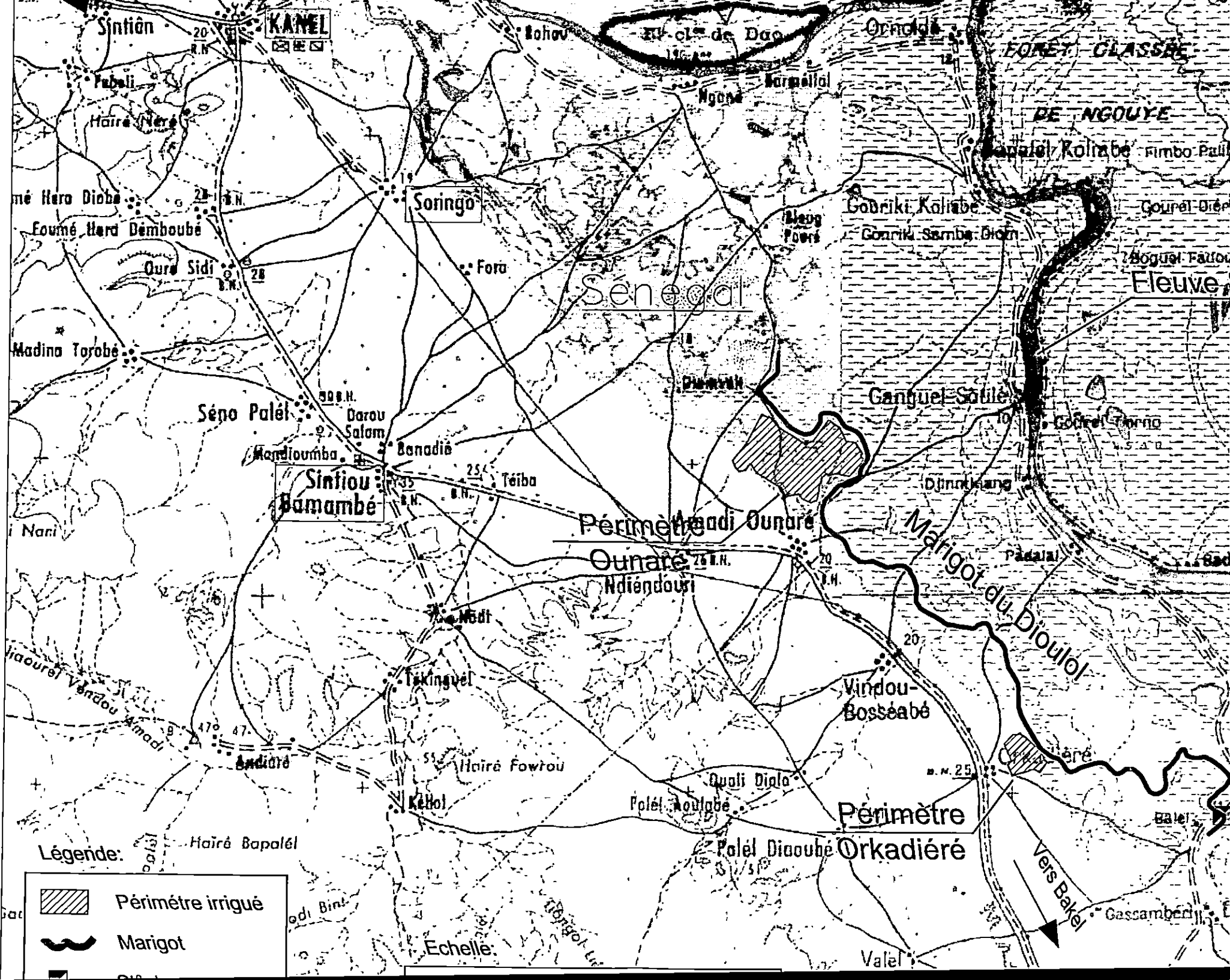
Cette structure comprend notamment les éléments de génie civil des stations de pompage ainsi que les pertuis équipés de vannes murales étanches.

- Les vannes

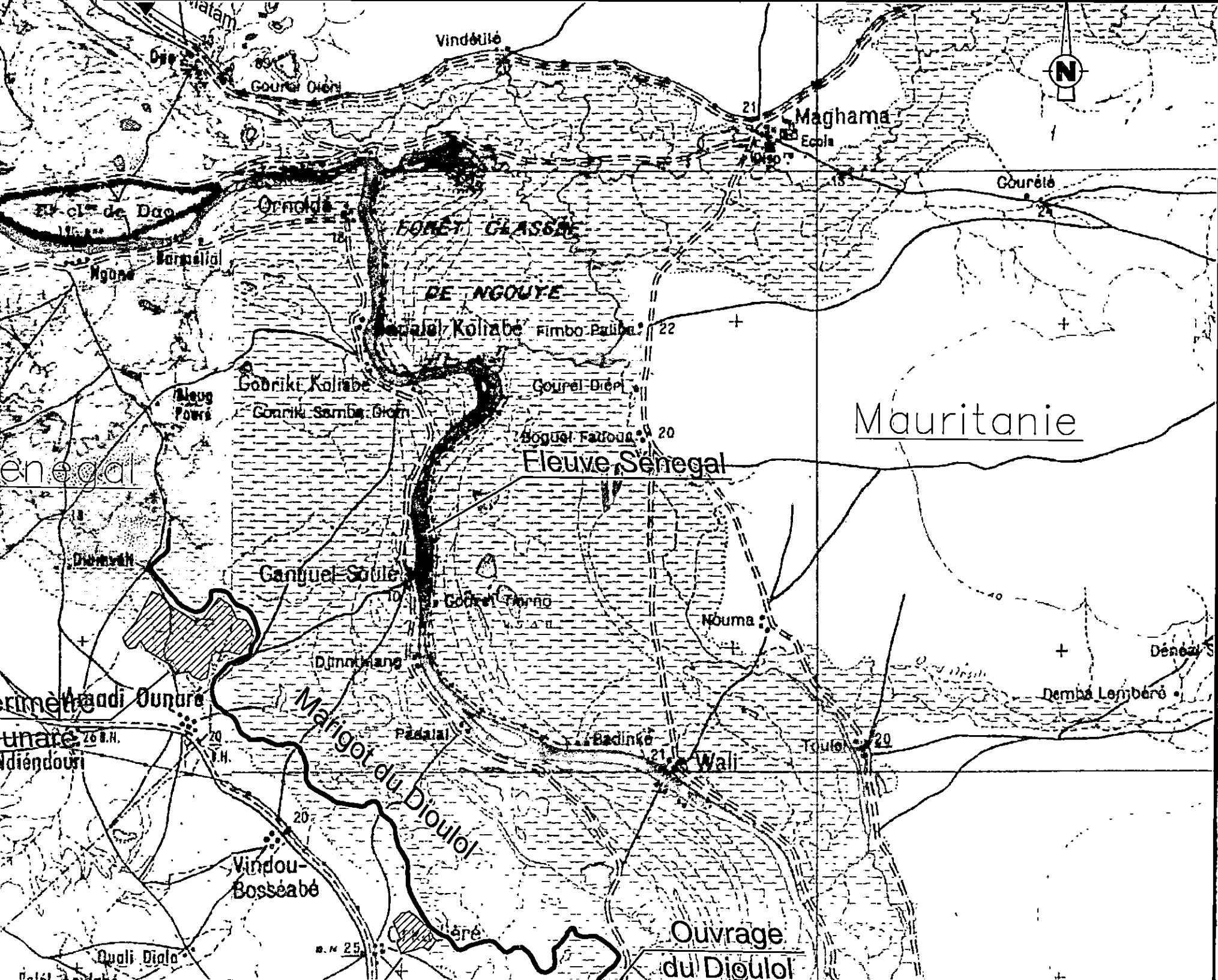
Le génie civil des pertuis est scindé en deux compartiments de 4,18 m de longueur à deux pertuis et disposé symétriquement par rapport à la partie pompage.

- Génie civil de la station de pompage

Le génie civil de la station de pompage occupe une position centrale, il a une longueur de 9,2 m et il est composé par 4 cellules de pompage de 1,80 m de large et de 6,50 m de hauteur et un plancher supérieur calé à la cote de 13,5 m IGN et de 6,7 m de largeur.







**(b) Structure latérale**

Les parties latérales comprennent principalement le seuil calé à la cote 12,5m IGN..

**2.2.2.2 Les équipements de pompage****i) Dimensionnement**

Les débits de pompage sont dimensionnés pour satisfaire les besoins en eau des cultures en tenant compte des différentes pertes.

Ces débits fictifs continus (24 heures sur 24) pour chaque mois sont récapitulés par le tableau suivant :

Mois	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Jui	Jul	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Q(m3/s)	2,94	3,5	3,64	1,99	1,44					2,00	1,57	0,87

Ainsi la station de pompage sera dimensionnée pour un débit de pointe de 3,64 m3/s correspondant au mois de Mars.

Il a été prévu d'installer quatre groupes submersibles dont un de secours et de débit unitaire de 1,25 m3/s. La hauteur manométrique totale (HMT) des groupes est de 4,7 m.

**ii) Caractéristiques**

Les caractéristiques des équipements sont récapitulées comme suit :

- Débit (m3/s)	1,25
- HMT (m)	4,7
- Vitesse (tr/mn)	973
- Rendement (%)	80
- Tension nominale (V)	380
- Pa (Kw)	72
- Pm (Kw)	95
- Rendement moteur (%)	88 %
- In (A)	200
- Id (A)	1140
- Diamètre du tube (mm)	800

**2.2.2.3 Autres composantes**

L'aménagement de l'ouvrage du Dioulol comprend d'autres composantes à savoir :

- Le pont implanté à l'axe de l'ancienne piste et qui a été déjà réalisé.
- Des aménagements de protection amont et aval à l'ouvrage
- Un chenal d'amené créé dans le Dioulol et permettant l'alimentation de la station de pompage
- Un bassin de dissipation d'énergie.

### **3. ACTUALISATION DE L'ETUDE D'AVANT PROJET DETAILLE DE L'OUVRAGE**

#### **3.1 HYPOTHESES DE CALCUL**

Les hypothèses et les bases de calcul pris en compte par l'étude d'avant projet détaillé 2001 sont maintenu toutefois, l'implantation de l'ouvrage sera changé en tenant compte du pont existant.

Les hypothèses et les composantes du projet telles que prévues par l'étude initiale du projet ne sont pas mis en cause. Le fonctionnement et les composantes prévus par le projet seront identiques à ceux réalisés initialement.

#### **3.1 OBJECTIFS DE L'ETUDE**

Les objectifs de l'actualisation de l'étude d'avant projet détaillé doivent définir d'une part les dispositions techniques à apporter aux infrastructures hydrauliques projetées et d'autre part de définir les actions à suivre par le gestionnaire et l'exploitant pour une meilleure exploitation des infrastructures.

L'actualisation de l'étude d'avant projet détaillé vise essentiellement à étudier l'ouvrage en tenant compte du pont qui a été réalisé et ainsi de la nouvelle implantation de l'ouvrage.

#### **3.2 IMPLANTATION DE L'OUVRAGE**

L'étude d'avant projet détaillé de 2001 a prévu l'implantation de l'ouvrage de contrôle juxtaposé au pont soit à 270 m en aval du point de confluence du Dioulol avec le Sénégal.

Etant donné la réalisation du pont à l'emplacement prévu, l'ouvrage sera implanté entre le pont et la confluence avec le Sénégal.

Il sera implanté à 200 m en amont du pont et à 70 m de la confluence avec le Sénégal. Ce choix a été dicté par :

- Les caractéristiques des profils en travers de l'écoulement, le site choisi correspond à un profil en travers assez rétrécit par rapport à l'aval,
- L'axe de l'écoulement est assez rectiligne et ne présente pas de méandres.
- Le choix d'implanter l'ouvrage assez proche de la confluence permet de réduire les frais de curage du chenal d'alimentation de la station.

#### **3.3 ANALYSE DE LA SITUATION ACTUELLE**

##### **3.3.1 Descriptif de la situation**

L'alimentation du Dioulol se fait à partir du fleuve Sénégal. La largeur moyenne est de 120 mètres. La pente longitudinale du chenal ne dépasse pas 0,3‰.

##### **3.3.2 Travaux topographiques**

Dans le cadre du présent projet, des travaux topographiques ont été réalisés.

Ces travaux consistent en la réalisation des profils en travers:

- D'un tronçon du Dioulol sur une longueur de 380 m.

- Un plan de détail de la partie située en amont du pont et qui abritera les ouvrages ainsi que les divers aménagements,

### **3.3.3 Topographie géotechniques**

Afin de tenir compte du nouvel emplacement du site de l'ouvrage des travaux géotechniques ont été réalisés.

Les travaux géotechniques réalisés dans le cadre de cette étude sont présentés dans le rapport géotechnique.

### 3.3.4 Fonctionnement hydraulique

Une simulation du fonctionnement actuel du système en utilisant le modèle HEC-RAS a été réalisée. L'observation des résultats de la simulation montre que :

- Pour des hauteurs d'eau inférieure à 10 m IGN au niveau du Sénégal, le Dioulol ne peut pas être alimenté. Le débit d'alimentation est faible pour des hauteurs d'eau inférieure à 12,0 m IGN où il atteint 8 m<sup>3</sup>/s. a retenue ne peut pas être alimentée.
- Le débit du Dioulol est de 15 m<sup>3</sup>/s, 35 m<sup>3</sup>/s et 200 m<sup>3</sup>/s pour des hauteurs respectives de 12,5 m IGN, 13,5 m IGN et 17,0 m IGN.
- En cas de baisse du niveau d'eau dans le Sénégal, un écoulement en sens inverse peut avoir lieu.
- La capacité maximale du Dioulol peut atteindre 300 m<sup>3</sup>/s pour des hauteurs d'eau de 19 m IGN.

## 3.4 LE PROJET

### 3.4.1 Hypothèses de calcul hydraulique

Les simulations hydrauliques du fonctionnement de l'ouvrage du Dioulol tiennent compte des sections hydrauliques telles que définies par l'étude initiale. Le calage des différents ouvrages est maintenu.

Les simulations hydrauliques ont été réalisées pour les hypothèses de calculs suivants :

- niveau d'eau du fleuve : variable de 12 à 17,0 IGN (en fonction de la crue)
- Côte file d'eau du chenal au niveau de l'ouvrage : 10,0 m IGN

La simulation a été réalisée en utilisant le modèle **HEC-RAS** qui est assez simple pour calculer des élévations de la surface de l'eau à tous les emplacements d'intérêt pour les valeurs du courant donné. Les données nécessaires pour exécuter ces calculs sont scindées en catégories comme suit: les (i) données géométriques; (ii) les données hydrauliques de l'écoulement permanents.

Les données géométriques sont exigées dans toutes les analyses exécutées par **HEC-RAS**. D'autres types de données sont exigés selon les cas étudiés.

#### i) Les données géométriques :

Les données géométriques demandées par HEC-RAS sont obligatoires à toute simulation .En effet, les données utilisées sont : (i) les sections transversales du cours d'eau, (ii) les coefficients de rugosité de Manning au niveau de chaque section, (iii) les coefficients de contraction et d'expansion au niveau des singularités ainsi que les données géométriques des structures construites s'ils existent tels que les ponts, les dalots, les retenue.

Les sections du chenal sont déduites des profils en travers réalisés dans le cadre de la présente étude.

La simulation tient compte aussi des vannes projetées ainsi que de la hauteur de calage du seuil.

Les données nécessaires demandées par le logiciel sont ainsi les sections en travers avec leurs caractéristiques géométriques.

#### ii) Les données hydrauliques :

Les débits sont dans notre cas résultats du niveau d'eau dans le fleuve ainsi que les caractéristiques géométriques hydraulique du marigot.

Les simulations ont été réalisées pour différents débits variables de :  $10\text{m}^3/\text{s}$  à  $200\text{m}^3/\text{s}$ .

### iii) Résultats de simulations

Les résultats des simulations montrent que :

- Les hauteurs d'eau au niveau du Sénégal respectives de 12,5 m IGN, 13,5 m IGN et 17 m IGN engendrent des débits respectifs de 14,8 m<sup>3</sup>/s, 34 m<sup>3</sup>/s et 197 m<sup>3</sup>/s.
- La réalisation de l'ouvrage tel que conçu n'influence pas sensiblement l'hydraulique du cours d'eau.

## **3.5 COMPOSANTES RETENUES DE L'OUVRAGE DU DIOULOL**

### **3.5.1 Le seuil**

#### **3.5.1.1 Généralités :**

L'étude APD réalisée par le groupement BCEOM/HYDROCONSULT International avait prévu un ouvrage de retenue d'eau, à construire au travers le lit du Dioulol, formé de trois composantes qui sont :

- Le seuil : il assure la retenue de l'eau lors de la phase de décrue du fleuve Sénégal et lors de la phase de pompage en fin de campagne d'hivernage et au cours de la campagne de contre-saison.
- Les passes de vannage : elles assurent le remplissage gravitaire du bief aval dès le début de crue,
- La station de pompage : elle assure le remplissage du Dioulol en contre-saison à partir des eaux du Sénégal.

Dans cette étude ces composantes sont intimement liées entre elles dans un même ouvrage de génie civil qui lui-même est associé à un pont de franchissement du Dioulol.

Cependant, à cause d'un problème moyen le pont a été réalisé seul.

Le projet concerne donc les études APD nécessaires à la réalisation du même ouvrage mais à deux cent mètres en amont du pont afin d'éviter toute influence de l'ouvrage sur le comportement mécanique du pont.

### **3.5.2 Implantation et composition de l'ouvrage**

Le site de l'ouvrage de contrôle du Dioulol se situe juste en aval de la confluence du défluent avec le Sénégal. Il se situe à proximité du village de Ballel et à 16 km en amont de la station de pompage de Orkadiéré.

L'axe de l'ouvrage est orienté S-O/N-E est implanté en travers du lit du Dioulol. Les coordonnées géographiques sont : N 15° 16' 14,83 " et O 12° 53' 33,0".

Le plan de situation de l'ouvrage ainsi que les différents aménagements de la zone est donné à la page suivante.

En ce qui concerne les conditions géotechniques, le sondage carotté a fait l'objet de coupe se trouvant dans l'annexe A2 du rapport géotechnique. L'examen de la coupe a révélé la stratigraphie suivante du terrain du haut vers le bas :

- de 0.00 m à 3.00 m : argile limoneuse
- de 3.00 m à 5.00 m : sable marron
- de 5.00 m à 6.50 m : sable beige clair

- de 6.50 m à 7.00 m : argile limoneuse
- de 7.00 m à 12.00 m : sable marron clair compact
- de 12.00 m à 15.50 m : sable blanc très fin légèrement compact

L'axe du seuil est placé à l'axe de l'écoulement et est décalé de 25 m par rapport à l'axe du Dioulol pris à mi-distance entre les deux berges.

Cet ouvrage est composé de 3 éléments définis comme suit :

- Une structure centrale de 17.60m de long formée de la station de pompage de 9.20m de long et flanquée de 2 passes de vannage de 4.20m de long en rives gauche et droite,
- Deux structures latérales seuil de 2.00m de hauteur et de 18.50m de long sur radier calé à la cote 10,5 IGN situées en rives gauche et droite de la structure centrale de pompage et de vannage.

L'accès à l'ouvrage sera assuré par une passerelle piétonne d'une longueur totale de 87,50 m décomposé en 4 parties indépendant séparé par de joint sec. Les piles et culés des trois premières parties de la passerelle seront fondé sur deux micros pieux de diamètre 0,20 et de ... m de long (Voir rapport géotechnique). Les piles de quatrième partie reposeront quant à eux sur le radier de l'ouvrage de Tête.

### **3.5.3 Description de la structure centrale du seuil**

La partie centrale du seuil comprend notamment les éléments de génie civil des cellules des tubes de pompage contenant les électropompes submersibles et des pertuis équipés de vannes murales étanches. Ces éléments font partie intégrante de la structure principale, longue de 17.60m, comprenant un radier en béton armé de 0.40m d'épaisseur complété d'un mur de 0.40m d'épaisseur et de 3.5m de haut assurant la séparation entre le bief d'Orkadiéré et le bief amont d'alimentation de la station de pompage.

#### **i) Le génie civil de la partie pompage**

D'une longueur totale de 9.20m, il comprend :

- quatre cellules de pompage de 1.80m de large et de 6.50m de hauteur séparées par des bajoyers en partie basse de 2.00m de hauteur et de 0.40m d'épaisseur
- Une plancher supérieure calé à la cote de 13.5m IGN, de 0.30m d'épaisseur, large de 6.70m ancré à l'arrière dans un mur de séparation de 0.40m et dans les bajoyers de 0.40m des chenaux de rejet des eaux de pompage et à l'avant dans le voile de 0.30m d'épais et continu de protection des cellules de pompage.
- Il reçoit les réservations et équipements annexes suivants ;
  - Quatre platines de support des tubes des pompes submersibles dont les axes se trouvent à 0.75m en avant du mur de séparation
  - Deux trappes en fonte type chaussée carrée de 0.80m X0.80m placées en avant du mur de séparation. Elles assurent l'accès aux cellules de pompage pour la mise en place du dispositif de refoulement sur les tubes de pompage et pour le nettoyage éventuel des cellules de pompage
  - Quatre trappes en fonte type chaussée carrée de 1,00mX1.00m pour l'accès aux cellules de rejet des eaux de pompage placées en arrière du mur de séparation. Elles servent à la mise en place et aux manœuvres des clapets anti-retour DN800 montés sur le refoulement des tubes de pompage

- Les quatre gaines en acier galvanisé de support des câbles électriques d'alimentation et de télécommande des pompes submersibles.
- Un plancher intermédiaire calé à la cote de 11.0m de 0.30m d'épaisseur, large de 1.50m ancré dans le voile de protection en avant des cellules de pompage et dans les bajoyers de 0.40m de ces cellules.
- Il est conçu pour faciliter le nettoyage des quatre grilles métalliques inclinées à 15° mises en protection des pompes contre les flottants ou éléments grossiers de plus de 50mm.
- Les quatre grille, larges de 2.00m et hautes de 3.85m, sont insérées dans les rainures de 0.10m de large des bajoyers de 0.40m des cellules de pompage. Elles sont fixées en partie haute dans le plancher intermédiaire.
- Les grilles sont constituées à partir de profilés métalliques courants soudés entre eux. Le cadre est carré de 80mm, les 2 raidisseurs horizontaux en rond plein de 25mm et les lames verticales en fer plat de 70mm espacées tous les 50mm.
- Un radier avant calé à la cote de 7,00m et d'une épaisseur de 0.40m. Placé en avant du mur de séparation situé dans l'axe du seuil, il est large de 6.90m.
- Quatre chenaux d'aspiration en avant des cellules de pompage, larges de 1.80m et de 4m de hauteur séparés entre eux par des bajoyers de 0.40m. Ils supportent le plancher d'accès aux grilles métalliques de protection des pompes et portent des rainures pour batardeaux larges de 0.15m et profondes de 0.10m. Cette disposition permet ultérieurement d'isoler un ou plusieurs chenaux pour une intervention sur les pompes ou des travaux de curage.
- Des puisards de pompages de 0.60 X1.80X0.40 sont placés immédiatement à l'aval des rainures de batardeaux des chenaux afin de faciliter les opérations d'épuisement des eaux de pompe à boue immergée mobile lors des travaux de curage de la fosse de pompage.
- quatre chenaux de rejet des eaux de pompage de 1.70m de large séparés par des bajoyers de 3.50m de hauteur et de 0.40m d'épaisseur. Ils sont partiellement couverts par le plancher supérieur calé à la cote de 13.5m IGN. Les bajoyers portent des rainures pour batardeaux. Elles sont de 0.15m de large et 0.10m de profondeur et placées à 2.50m du mur de séparation. Cette disposition particulière est retenue pour faciliter ultérieurement et éventuellement une intervention hors d'eau sur un clapet défectueux.
- Un radier arrière calé à la cote de 10.0m IGN et d'une épaisseur de 0.40m. Placé en arrière du mur (seuil) de séparation, il débute au niveau des cellules de pompage et porte le mur de séparation entre les cellules de pompage et les chenaux de rejet. Sa largeur totale est de 5.40m.

Le radier général de la partie pompage est donc formé de deux radiers décrochés 3.00m, la partie avant (ou amont) est calée à la cote 7.0m IGN comme explique par la suite et la partie arrière (ou aval) calée à la cote 10.0m IGN.

La largeur totale du radier est de 12.30m. Ce radier est à protéger par des parafeuilles principalement contre les courants d'infiltration qui s'établissent en dessous lorsque la charge d'eau en aval de l'ouvrage est importante (niveau d'eau à 12.5m IGN en aval et 8.5m IGN en amont du seuil).

Le calcul de la longueur de parafeuilles en protection contre le phénomène de renards est mené suivant la règle de Lane à savoir :

$$L_v + 1/3 L_h > C \cdot h$$

Avec

$L_v$  = cheminement vertical de l'eau sous le radier (ou digue)



$L_h$  = cheminement horizontal de l'eau sous le radier (ou digue)

$h$  = hauteur d'eau au dessus du radier (ou en amont de la digue)

$C$  = coefficient lié à la nature du terrain d'assise. Dans le cas présent 6,5 en sol « sables fins » et sols limoneux en zone superficielle.

L'application donne  $L_v > 6,5 \times 4 - 12,30/3 = 21,9\text{m}$

En supposant deux parafoilles d'égale hauteur mais décalées de 12,3m, l'une en amont et l'autre en aval, la longueur des parafoilles est donc de  $(21,9 - 12,3)/2 = 4,8\text{m}$  arrondi à 5m.

Les parafoilles sont réalisées en palplanches type larssen31 (9mm d'épaisseur). Les palplanches sont battues en amont et en aval jusqu'à la cote +1 IGN, arasées aux cotes 6.90m IGN (en amont coté fleuve Sénégal) et 9.90m IGN (coté pont) et entièrement noyées dans le béton armé du radier et d'un mur de parafoille en béton armé de 0.60m d'épaisseur et de 1.00m de haut.

Pour faciliter la mise en place des rideaux de palplanches, les dispositions suivantes seront prises sur l'ensemble de la partie centrale de seuil comprenant la station de pompage et les pertuis de vannage :

- rideau amont côté Sénégal, longueur 17.60m-fichage à la cote +1 m IGN
- rideau en retour d'angle entre le radier fosse de pompage et le radier des passes de vannage (2.40m), longueur 4.80m-fichage à la cote +1 m IGN
- rideau aval côté Orkadiéré, longueur 17.60m-fichage à la cote +1 m IGN

#### ii) Le génie civil de la partie vannage

Scindé en deux compartiments longs de 4.18m à pertuis et disposé symétriquement par rapport à la partie pompage, il comprend :

- Quatre passes d'amenée et de sortie de 1.7m de large et de 3.50m de hauteur séparées par des bajoyers de 0.40m d'épaisseur. Le bajoyer externe de 0.38m d'épaisseur s'appuie sur la pile voile de 6.30m du pont, un joint waterstop séparé ces deux éléments.

Les bajoyers portent des rainures pour batardeaux en position amont et aval. Elles sont de 0.15m de large et 0.10m de profondeur et placées respectivement à 2.95m et 3.75m du mur de séparation. Cette disposition particulière est retenue pour faciliter ultérieurement et éventuellement une intervention hors d'eau sur une vanne défectueuse.

- Un mur de séparation de 0.40m d'épaisseur et haut de 3.50m (placé dans le prolongement du seuil calé à 12m) entre le bief d'Orkadiéré et le bief du chenal d'alimentation de la station de pompage

Il reçoit quatre pertuis de 1.50m X 1.50m. Chaque pertuis est équipé d'une vanne murale de 1.50 m x 1.50m placée du côté du bief d'Orkadiéré et étanche des quatre côtés sous 5m CE.

- Un plancher supérieur calé à la cote de 13.5m, de 0.30m d'épaisseur, large de 6.70m ancré dans le mur de séparation de 0.40m et dans les bajoyers de 0.40m des passes. Il reçoit les réservations et équipements annexes suivants :

- Quatre platines de support des colonnes de manœuvre des vannes
- Quatre lumières de 2.00mx0.20m à l'arrière du mur de séparation et au droit des vannes. Elles servent à la mise en place et aux manœuvres des vannes et à leur inspection de routine.

- Les quatre gaines en acier galvanisé de support des câbles électriques d'alimentation et de télécommande des pompes submersibles sur la partie rive gauche de l'ouvrage.
- Un radier général calé à la cote de 10.0m IGN et d'une épaisseur de 0.40m ; le mur de séparation ainsi que les bajoyers sont ancrés dans le radier. En position amont le mur se trouve à 4.60m du début du radier.

La longueur totale du radier est de 5.40m pour tenir compte de l'intégration de la barrette de fondation de la pile voile du pont situé dans le prolongement du bajoyer externe.

Il est également protégé contre le phénomène de renards par la mise en place de deux parafeuilles amont et aval en palplanches Larsen 31 de 9.00m de longueur. Les palplanches sont battues jusqu'au niveau 1m IGN des deux cotés et arasées à la cote 9.90m IGN. Les dispositions d'enrobage des palplanches dans le béton de radier et de mur de parafeuille sont identiques à celles adoptées pour la partie pompage.

Il est à noter qu'une liaison entre les parafeuilles amont des parties pompage et vannage est indispensable. En effet la continuité de cette continuité de ces parafeuilles en rideau de palplanches est à établir sous les deux bajoyers extérieurs de la partie de pompage. Le décalage entre les deux rideaux de palplanches est de 2.30m, cet espace est à fermer avec un rideau placé perpendiculairement aux précédents.

### iii) La protection amont et aval du radier

Le radier est bien protégé avec les parafeuilles en rideaux de palplanches.

Cependant afin d'éviter le creusement de poches dans les sols limoneux fragiles en partie aval du seuil et au droit des chenaux de rejet des eaux de pompages et des passes de vannage, un tapis de gabions de 0.50m d'épaisseur et de 10m en Aval sera mis en place. Ces protections joueront le rôle de bassin de dissipation d'énergie qui technique ne sont pas nécessaire (Nombre de Froude faible ou longueur de bassin inférieur à la longueur de protection prévu).

En partie amont, un tapis identique de 5m de large est mis en place.

### iv) L'aménagement de l'entrée à la station de pompage

Un ouvrage d'entonnement en béton et gabions assure la liaison entre le chenal d'amenée et la station de pompage.

Les caractéristiques de chenal d'amenée sont :

- largeur au plafond 6m
- cote du plafond 7.5m IGN
- pente des talus 3/1
- revêtement terre, éventuellement enrochement latéritique de 0.50m d'épaisseur

Les caractéristiques du « chenal » de pompage sont :

- largeur au plafond 9.2m
- cote du plafond 7.0m IGN

Les caractéristiques du « chenal » d'accès aux puits de vannage sont :

- largeur au plafond 17.60m
- cote du plafond : 10.0m IGN

La fonction de l'ouvrage d'entonnement est d'assurer une transition hydraulique facilitée entre le canal d'amenée, les cellules de pompage et les vannes.

En outre comme ce lieu est propice à la sédimentation des limons, la conception de l'ouvrage devra en permettre les opérations de curage de façon aisée.

L'ouvrage d'entonnement est constitué comme suit :

- Un divergeant de 4m de long, assurant à la fois le passage de la cote de 7.5m IGN aux pentes des talus des deux sections trapézoïdes sont de 3/1 côté chenal d'amenée et 2/1 côté station de pompage.

Le revêtement est en dalle béton de 0.25m d'épaisseur légèrement armée, avec un joint de dilatation tous les 4m. La dalle repose sur un filtre en gravier latéritique de 0.20m d'épaisseur drainé par des barbacanes de 60mm placées tous les mètres et à 0.20m au dessus du radier de ce divergeant.

- Deux « convergents » de transition aux passes de vannage, construit en double pente, respectivement de 2/1 contre le bajoyer de décrochement de 2.30m entre les radiers parafoilles de 4.18m des passes de vannage.
- Le revêtement est en dalle béton de 0.25m d'épaisseur légèrement armée, avec un joint de dilatation tous les 4m. La dalle repose sur un filtre en gravier latéritique de 0.20m d'épaisseur drainé par des barbacanes de 60mm placées tous les mètres et à 0.20m au dessus de la ligne d'intersection du divergement précédent (talus 2/1).
- Un couronnement en tapis de gabions à la cote 10.0m IGN, de 0.50m d'épaisseur et 3m de large protège les éléments d'ouvrage précédents et assure un espace d'accès aménagé à la fosse de pompage.
- Un revêtement en tapis de gabions de 0.50m d'épaisseur et 4m de large renforce le chenal d'amenée en amont du divergent.

### 3.5.4 Description des structures latérales du seuil

Les parties latérales du seuil comprennent principalement le seuil calé à la cote 12.5m IGN. Il est combiné dans une structure générale comprenant un radier en béton armé de 0.40m d'épaisseur et de 10m de large complété d'un mur seuil de 0.50m d'épaisseur.

Elle est de 2.50m pour un radier calé à la cote 10m IGN. Elle concerne les structures placées immédiatement en rive gauche et droite de la structure centrale décrite ci-dessus.

Le radier est à protéger par des parafoilles principalement contre les courants d'infiltration qui s'établissent en dessous lorsque la charge d'eau en aval est à 12.5m IGN.

Le calcul de la longueur de parafeuille en protection contre le phénomène de renards est mené suivant la règle de Lane à savoir :

$$L_v + \frac{1}{3} L_h > C \cdot h$$

Avec

$L_v$  = cheminement vertical de l'eau sous le radier (ou digue)

$L_h$  = cheminement horizontal de l'eau sous le radier (ou digue)

$h$  = hauteur d'eau au dessus du radier (ou en amont de la digue)

$C$  = coefficient lié à la nature du terrain d'assise. Dans le cas présent 6,5 en sol « sables fins » et sols limoneux en zone superficielle.

L'application donne  $L_v > 6,5 \times 2,5 - 10/3 = 12,92\text{m}$

En supposant deux parafoilles d'égale hauteur mais décalées de 10 m, l'une en amont et l'autre en aval, la longueur des parafoilles est donc de  $(12.92 - 10)/2 = 1.5$  m.

Les parafoilles sont réalisées en palplanches type larssen31 (9mm d'épaisseur). Les palplanches sont battues en amont et en aval jusqu'à la cote +8.5 IGN, arasées aux cotes 10,40m IGN

### **3.5.5 Description de la passerelle d'accès à la station de pompage**

L'accès à la station de pompage sera assuré par une passerelle piétonne de 87,50 m de long avec un tablier de 1,5 m de large et de 0,5m d'épaisseur. Cette passerelle sera en béton armé pour minimiser les travaux d'entretien.

Dans le souci d'éviter d'avoir une structure hyperstatique de plusieurs passes vu sa longueur importante ou de recourir à l'emploi d'appareils d'appuis nous avons divisé la passerelle en 4 parties indépendantes :

- La première est un portique simple de porté 11,00 m avec une console de 5,5 m de long le liant à la partie 2 ;
- La deuxième et la troisième partie sont aussi des portiques simples de 11,00 m avec deux consoles de 5,5m de long de part et d'autre ;
- La quatrième est un portique double de 8,53 m de porté chacune avec une console de 5,5 m le liant à partie 3.

Cette conception permettra non seulement de diminuer le caractère hyperstatique et d'éviter d'utiliser des appareils d'appui permettra de minimiser les moments en travée à l'aide des consoles.

Les piles des trois premières parties de la passerelle auront une épaisseur de 50 cm et seront fondées deux micros pieux de 20 cm de diamètre et 6 m de long, chacun. Alors que ceux de la quatrième partie auront une épaisseur de 65 cm et seront fondées sur le radier de l'ouvrage de tête.

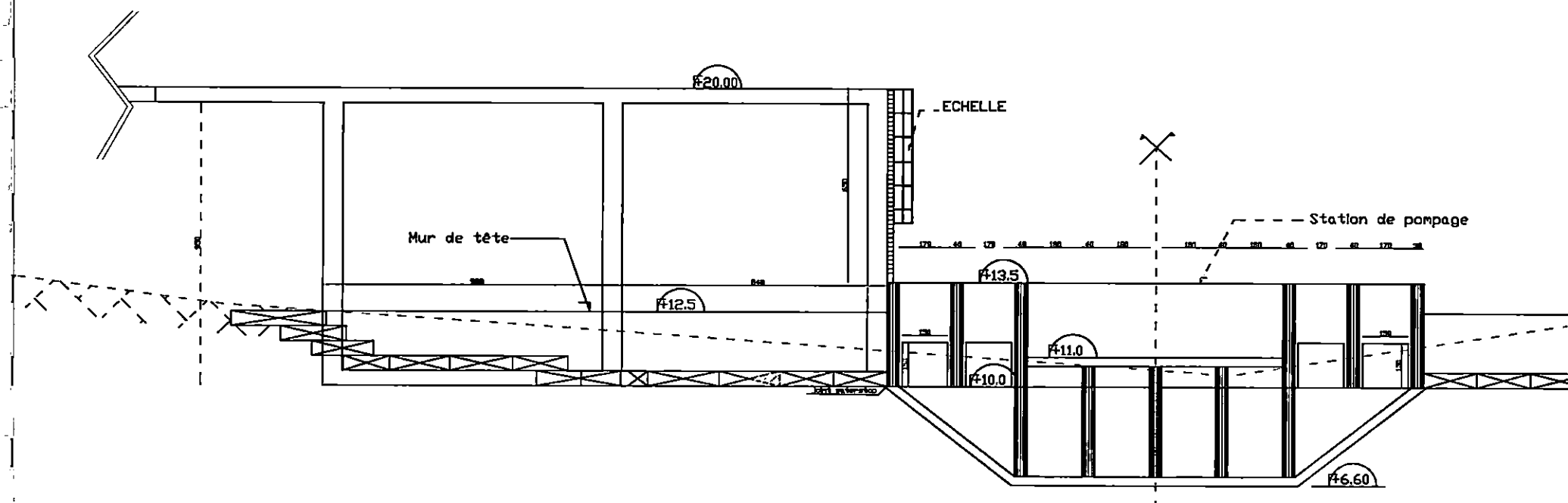
### **3.5.1 Traitement du talweg en aval de l'ouvrage**

L'ancienne piste de déviation de la voie lors de la réalisation du pont s'est transformée en ligne préférentielle des écoulements et a engendré une érosion régressive importante.

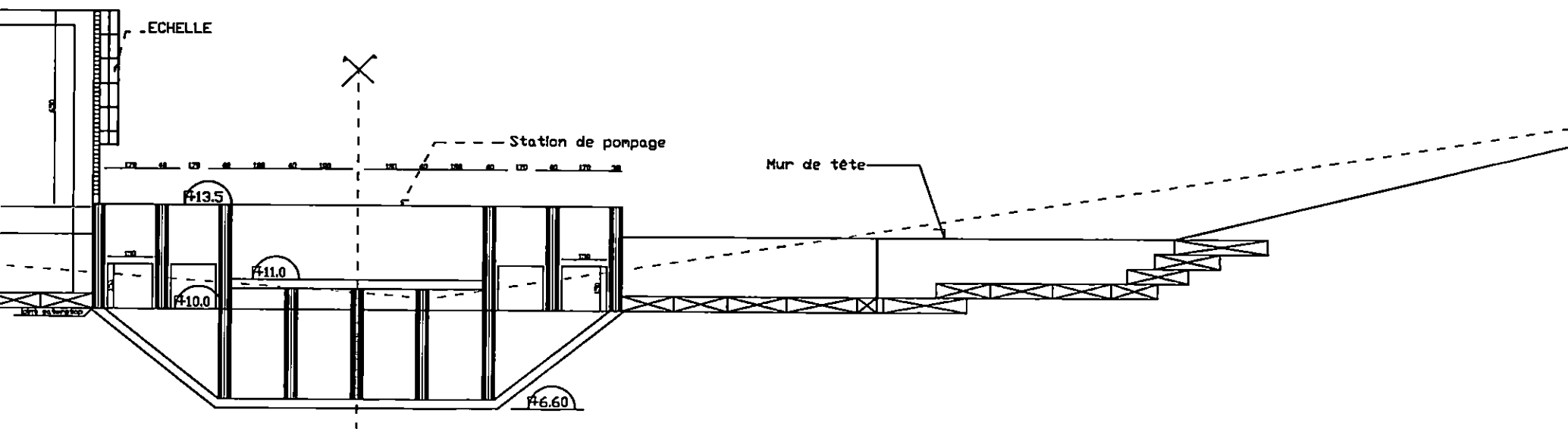
Le traitement de ce talweg sera réalisé par :

- l'apport du remblai dans le talweg
- l'enrochement de la partie amont
- la réalisation d'une diguette le long de la rive du Dioulol sur une longueur de 40 m environ.

Un plan de l'ouvrage est présenté à la page suivante.



# COUPE DE L'OUVRAGE DE DIOULOL



## 4. STATION DE POMPAGE ET DE RELEVAGE DES EAUX

Le présent chapitre est consacré à :

- L'étude et au dimensionnement des équipements électromécaniques, électriques et hydrauliques de la station
- La définition des caractéristiques techniques des équipements et leur mode et conditions de fonctionnement.

Aussi cette étude doit permettre d'établir la liste des équipements et accessoires électriques et hydromécaniques ; ainsi que les renseignements relatifs au fonctionnement, à la gestion et à l'entretien des différents systèmes qui seront mis en place.

### 4.1 LE TYPE DE STATION DE RELEVAGE PROPOSE

La nouvelle station envisagée utilise le même principe d'aménagement que les stations d'exhaure existantes avec une fosse de pompage placée perpendiculairement au courant d'eau entrant, elle a pour objectif essentiel d'assurer le remplissage du Dioulol en contre-saison à partir des eaux du Sénégal.

Les ouvrages successifs que sont le chenal d'amenée, les pertuis de prise, la fosse de pompage et le bassin amortisseur se trouvent dans le même axe. L'ensemble sera situé dans la prolongation de l'axe général du marigot Dioulol.

La station sera du type à ciel ouvert ou extérieur, c'est à dire sans hall machines ou superstructures au dessus de la fosse des pompes. Le matériel électrique de protection et de commande et le transformateur d'alimentation électrique seront respectivement installés dans des bâtiments séparés, placés à quelques mètres sur le coté.

Cette solution, extrêmement intéressante du point de vue du coût de l'investissement, est dans le cas présent tout à fait justifiée en raison de l'utilisation systématique des groupes électropompes immergés au-dessus des quels une superstructure est inutile.

La disposition de la station comprendra de l'amont vers l'aval :

- Un pertuis de prise d'eau équipé d'une grille, d'une vanne de glissement et des rainures de batardeau.
- Une fosse partiellement cloisonnée et divisée en puits de refoulement pour les pompes.
- Un ouvrage de restitution ou bassin amortisseur, recevant les eaux pompées et chargée d'en tranquilliser l'écoulement avant leur entrée dans les canaux principaux en terre
- Un ensemble de structures faisant office de bâtiments électriques et de local abritant le transformateur , destiné à recevoir tous les appareillages de commande, de protection , de transformation et de comptage, situé sur le coté de la fosse et du bassin.

Cette installation est accompagnée d'un aménagement comprenant les ouvrages successifs se situant sur le même axe qui sont :

- Le chenal d'amenée
- Un pertuis de prise d'eau avec grille, équipé de vannes à glissement et rainure à batardeaux
- Une fosse partiellement cloisonnée et divisée en puits ou tubes de refoulement pour les pompes
- Un ouvrage de restitution ou bassin amortisseur recevant les eaux pompées et chargées d'en tranquilliser l'écoulement.

- Un bâtiment électrique destiné à recevoir les appareillages électriques, les armoires de commande et de protection, ainsi que les équipements de comptage. Ce bâtiment sera situé sur le côté de la fosse et du bassin.
- Un local type SENELEC de fin de ligne électrique (30 KV), abritant un transformateur 30KV/380V pour l'alimentation de la station.

## **4.2 PARTICULARITES DE LA STATION DE RELEVAGE**

La station de relevage comporte quelques particularités qui découlent directement de sa taille et des caractéristiques de l'eau pompée, et qu'il, convient de signaler.

Avec un débit de pointe de  $Q = 3640$  l/s, la station disposera de groupes très puissants qui sont le double des groupes des stations de pompage existantes, ce qui nécessite des puits de refoulement de 1, 40 m de coté. Ces puits pour mesure de simplification de l'ouvrage de génie –civil, seront maintenues de dimensions égales pour tous (1,25 x1, 25m).

Les prises d'eau avec leurs vannes à glissement seront au nombre de deux, mais restent unitairement de taille identique.

Etant donné le poids des pompes qui seront installées ( $< 1000$  Kg) et la dimension de l'ouvrage, il sera installé un portique roulant de 1250Kg de force de levage.

## **4.3 DONNEES HYDRAULIQUES**

### **4.3.1 Débit requis**

La solution de retenue des eaux dans le Dioulol sera assurée par un ouvrage seuil installé dans la partie centrale du lit et calé à la cote 12,5 m IGN. Cette cote donnée dans les études d'APS et vérifiée par notre équipe topographique, a été déterminée suite à diverses simulations hydrauliques du cours du Dioulol en fonction des conditions topographiques du lit, des pertes par infiltration et évaporation et des besoins en eaux des périmètres irrigués.

Ce seuil doit pouvoir assurer le passage des eaux dès le début de la crue à la cote 10 m IGN sans trop retarder le remplissage des biefs aval d'Orkadiéré et d'Ounaré et lors de la décrue pouvoir contenir les eaux au niveau 12,5 m IGN.

Cette fonction d'ouverture et de fermeture d'écoulement est assurée par un dispositif de pertuis équipés de vannes.

La solution du maintien en eau du Dioulol aux biefs d'Ounaré et d'Orkadiéré afin d'assurer les cultures irriguées en fin de campagne hivernage et de contre-saison, est réalisée par le pompage de la station du Dioulol des eaux du Sénégal.

La nouvelle station de pompage aura en charge le relevage des eaux à partir du fleuve pour le remplissage du marigot du Dioulol.

Le débit requis pour la station de relevage découle directement du besoin en eau des périmètres pour garantir une bonne disponibilité de l'eau en toute période de l'année

En outre, pour satisfaire les différentes pertes et les besoins en eau des cultures les études d'APS antérieures ont définies les besoins de pompage à la station du Dioulol uniquement, mais incluant les pertes dans les différents Biefs du Dioulol.

Le débit de pointe retenu à partir de l'analyse de la pluviométrie est estimé à  $Q = 3,64\text{m}^3/\text{s}$  (3640 l/s).



Pour garantir un fonctionnement satisfait et assurer le débit global refoulé, le nombre des pompes doit être optimisé de façon à minimiser les accessoires hydrauliques et électriques et en même temps réduire les risques d'avoir toute la station hors service suite à une panne quelconque d'une pompe. Le nombre de pompes en service doit être supérieur ou égal à trois (3).

Afin de limiter le nombre de groupes et d'avoir une souplesse d'exploitation dans la disposition 3 pompes + 1 secours, il sera installé en génie civil 4 pompes submersibles de 1,25m<sup>3</sup>/s ou (1250 l/s).

Ainsi par exemple, en octobre l'équivalent du débit fictif continu de 2,00 m<sup>3</sup>/s pourra être obtenu par fonctionnement de 2 groupes sur 19 heures ou 3 groupes sur 13 heures ; en Janvier l'équivalent de 2,95 m<sup>3</sup>/s sera obtenu par fonctionnement de 3 groupes sur 19 heures, etc.

En période de pointe (février-mars), il sera préférable de faire fonctionner les 4 groupes simultanément sur environ 17 heures plutôt que 3 groupes sur 23 heures.

La station de pompage, et en particulier le dimensionnement des équipements électriques, sera donc prévue pour un fonctionnement simultané des 4 pompes. Toutefois, on peut considérer qu'à tout moment, y compris en période de pointe, on disposera d'un groupe de secours puisqu'en cas de problème sur un groupe, le débit pourra toujours être fourni par les 3 autres en fonctionnant à plein temps. En conséquence le surdimensionnement des groupes au-delà de 1,25 m<sup>3</sup>/s n'est pas opportun.

En tenant compte du débit global constituant

Les débits sont définis ci- après :

Caractéristiques	Débits (l/s )	Nbre de pompes
Pompe de relevage	1250	4 ( 3+1)
Pompe d'épuisement	300	1

L'avantage d'avoir au moins quatre ou plusieurs pompes installées est qu'il permettra de disposer en permanence hormis la courte période de pointe (février – mars), d'une pompe de réserve tout en assurant le refoulement du débit global d'irrigation.

En outre, une panne prolongée de l'une ou l'autre pompe n'occasionnera pas un arrêt total du pompage et un assèchement du marigot. Cependant, le seul inconvénient que nous pouvons noter pour ce cas de figure est l'augmentation de la puissance à installer (transformateur, etc.), d'où une légère augmentation du coût de la réalisation.

#### 4.3.2 Hauteur manométrique totale (HMT)

La hauteur manométrique d'un groupe de pompage pour un débit donné est donnée par l'expression suivante

$$H_t = H_g + \Delta h$$

$H_g$  = hauteur géométrique qui est la différence entre le point le plus haut du refoulement et le point le plus bas de l'aspiration. On retiendra les données du tableau ci – après :

Il a été retenu dans l'APS et vérifié par les données antérieures du fleuve que:

- le niveau artificiel d'étiage du Sénégal reste variable et dépendra du niveau de la réserve stockée par le barrage et des exigences ultérieures du volet navigation en adéquation avec les vocations de turbinage électrique et de soutien de crue, sa valeur minimale sera prise égale à 8,5 m IGN à Balel.
- le niveau de refoulement est à la cote 12,5 m IGN.
- Nous retenons d'installer des électropompes submersibles, ce permettrait que la station soit entièrement submersible lors de la crue du Sénégal,

La hauteur géométrique maximale d'élévation de l'eau est de :

Désignation	Station de relevage
Hauteur géométrique (Hg)	4 m

$\Delta h$  = la somme des pertes de charge par le frottement de l'eau sur la paroi intérieure de la conduite de refoulement ; et dépend du diamètre et de la vitesse d'écoulement. Elle comprend toutes les pertes de charge au niveau des éléments ci-après :

- Cote de refoulement
- Longueur du tuyau de refoulement = 5x DN
- Clapet battant
- Perte de charge de sortie =  $V^2/2g$

Pour les pompes à hélices axiales du type submersible Almacan PA4, les pertes de charge totale sont obtenues par interprétation du diagramme des pertes de charge et par le calcul des pertes ponctuelles, linéaires et singulières avec l'expression :

$$\Delta h = \frac{KV^2}{2g} + IL \quad \text{avec } Q = SV$$

$\Delta h$  = perte de charge du liquide (m)

$KV^2/2g$  = formule de Darcy, détermine les pertes de charge ponctuelles

**V** = vitesse du liquide dans la secteur considérée ( m/s<sup>2</sup>)

**G** = accélération de la pesanteur (m/s<sup>2</sup>)

**K** = coefficient dépendant de la matière et du point singulier, il est donné par les divers cas

**I** = pertes de charges linéaires déduit de l'expression **STRICKLER – MANNING**

$$V = K \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

**L** = longueur tube de refoulement

**NB** : - L'expression  $KV^2/2g$  permet de déterminer les pertes de charge au niveau des coudes de 90° , des raccordements ( pompe – tube ) ,des divergents et bouche de sortie (calcul pertes de charge, voir tableau ci- après ).

Caractéristiques	Pompes de relevage
Débit unitaire pompe (l/s)	1250
Pertes de charge sur tuyaux de refoulement	0,05
Pertes de charge sur les coudes	0,43
Raccordements, changement de direction du liquide	0,15
Sortie bouche + Clapet battant	0,51
Pertes de charge singulières (10%)	0,135
<b>Pertes de charge totales (m)</b>	<b>0,726</b>

Les pertes de charge à l'aspiration et au refoulement des groupes pour un débit nominal de 1,25 m<sup>3</sup>/s sont de l'ordre de 0,726 m au travers des tubes support de diamètre et d'un clapet anti-retour DN 800.

Les pertes de charge ainsi obtenues peuvent être graphiquement vérifié à partir du diagramme du constructeur, cependant il faudrait ajouter à celles –ci les pertes dues au clapet et les pertes singulières, ainsi la hauteur manométrique totale (HMT) retenue sera de :

Caractéristiques	Pompe de relevage
<b>Hauteur Manométrique totale (HMT) (mce)</b>	<b>4,72</b>

Nous faisons remarquer que les HMT de refoulement sont faibles. Il ne faut pas s'attendre à trouver des machines ayant des rendements très élevés. Cependant ce critère qui d'ordinaire est un élément de décision n'apportera en l'occurrence rien de bien significatif.

### 4.3.3 Conditions hydrauliques

Les données et conditions hydrauliques de base pour le dimensionnement des équipements électromécaniques et hydromécaniques sont les suivants (voir tableau ci-après)

Caractéristiques	Pompe de relevage
Débit unitaire nominal des pompes (l/s)	1250
Nombre de GEP	4
Hauteur géométrique (m )	4
Pertes de charge totales (m)	0,726
Hauteur Manométrique totale (m)	4,72

**NB :** Les pompes à choisir devront s'accommoder à une variation importante de la hauteur manométrique totale.

## 4.4 DIMENSIONNEMENT ET CHOIX DES POMPES ET ACCESSOIRES

### 4.4.1 Dimensionnement et choix des pompes

Le dimensionnement des pompes a surtout pour but de choisir des pompes parfaitement adaptées au relevage d'eau et pouvant garantir le débit de pompage global défini pour la station.

Le point caractéristique de fonctionnement des pompes est ( $Q = 1,25 \text{ m}^3/\text{s}$  –  $\text{HMT} = 4,726 \text{ m}$ )

Ces pompes devront pouvoir fonctionner sans cavitation ni vortex dans les plages des hauteurs, comprises entre les hauteurs manométriques minimales et maximales exceptionnelles.

Nous tenterons de déterminer la puissance la plus élevée absorbée par la pompe pour les plages de fonctionnement comprises entre les hauteurs minimales et maximales

### 4.4.2 Evaluation de la puissance

La puissance hydraulique nécessaire pour véhiculer les débits  $Q = 1250 \text{ l/s}$  à  $\text{HMT} = 4,72 \text{ mce}$  ; est donnée par l'expression suivante :

$$P_{hy} = \rho \times g \times H \times Q$$

**$P_{hy}$**  = Puissance hydraulique (kW)

**$\rho$**  = masse volumique de l'eau  $1000 \text{ kg/m}^3$

**$g$**  = accélération de la pesanteur  $= 9,81 \text{ m/s}^2$

**$Q$**  = Débit de la pompe

**$H$**  = hauteur manométrique (HMT)

On aura donc par station

Puissance	Stations de relevage
	Pompes
$P_{hy} \text{ (KW)}$	57,8

Le type de pompe à choisir doit garantir un rendement de 70 %, ce qui permet de déterminer la puissance consommée.

En outre signalons que la puissance du moteur à installer doit être supérieure à la puissance utile consommée par la pompe car celle-ci n'étant pas parfaite, la puissance du moteur est estimée à une valeur supérieure à 15% de la puissance consommée de la pompe et donne ce qui suit :

Puissances	Pompe de relevage
P. pompe (KW)	82,6
P. moteur (KW)	95

#### 4.4.3 Type de pompe

Les pompes proposées sont du type submersible, destinées au relevage d'eau exempté d'éléments susceptibles de former des tresses, destinées au relevage des eaux. Ce choix se justifie par les avantages qu'offre ce type de pompe par rapport aux pompes à axes verticales.

Les pompes submersibles que nous nous proposons d'installer sont du type Amacan P monobloc à hélice dans un diffuseur à aubes spécialement conçues pour les eaux légèrement en matières en suspension. .

Pour ce type de pompe à hélice axiale, les pertes de charge dans le tube sont réduites au maximum grâce à la forme élancée du moteur. Elle convient aux applications les plus diverses, telles que stations de pompage, station d'épuration, station de drainage, etc. Son étonnante flexibilité d'installation avec plusieurs variantes et un atout

En outre elle est spécialement conçue pour s'intégrer dans le tube de pompage qui permet de réduire considérablement le Génie civil, de construction compacte ce type de pompe n'est pas moins performante son débit étant de deux tiers supérieur à celui des pompes à hélices comparables

Le refoulement se fait dans un tube, avec sur la partie supérieure les tubes support et conduites de rejet munies de clapet anti-retour,

La surveillance de la température des paliers est assurée par une protection thermique et une sonde de détection d'humidité

La configuration de l'aspiration et du refoulement peut être adapté aux exigences du site la chambre d'aspiration est composée par son tube de refoulement avec rejet à l'air libre ou dans un bassin

La mise en place de la pompe est très aisée par fixation et centrage automatique de la pompe à l'intérieur du tube sans éléments d'ancrage ou dispositif anti rotation ,son étanchéité est assurée par joint torique , le niveau de vibration est réduit à l'aspiration qui se fait sans vortex grâce aux nervures d'admission et à la tulipe d'aspiration optimisée

Ces pompes sont placées dans un tube suspendu dans des puits de refoulement verticaux, construits dans le génie civil, ce tube sert de conduite de refoulement DN 800.

L'analyse des courbes de performance débit, hauteur (Q,H) et les données des calculs des bilans de puissance ont permis de sélectionner deux types de pompes qui disposent de caractéristiques adéquates pour un fonctionnement satisfaisant. Il s'agit :

Stations	Débit Q (l/s)	HMT(m)
Relevage	1250	4,72

La pompe Amacan est centrée automatiquement à l'intérieur du tube sous l'effet de son propre poids. L'étanchéité entre le tube et la pompe est assurée par le joint torique. Elle présente l'avantage d'être montée et démontée rapidement ; car les câbles et la tuyauterie peuvent ne pas être démontés au besoin.

Les pertes de charge dans le tube sont extrêmement faibles. La pompe dispose d'un dispositif de détection rapide des incidents et de la protection thermique contre les surcharges du moteur.

#### Recommandations

Après avoir déterminé le type de pompe, nous sommes en mesure de proposer les recommandations techniques suivantes :

- Vu la nature du fluide à pomper, le corps de la pompe doit être en fonte ; la roue doit permettre le passage des corps solides
- Le rendement de la pompe doit être supérieur à 70%
- La puissance du moteur doit être supérieure d'au moins 15% de la puissance maximale consommée par la pompe
- Le diamètre d'aspiration de la pompe doit permettre le passage sans risque de blocage des corps solides qui peuvent être entraînés par les eaux pendant la période de crue.

#### **4.4.3.1 Accessoires hydrauliques**

Par mesure d'unification dans le cadre de tous les aménagements en cours d'exploitation ou de réalisation par la SAED, le choix des électropompes s'est définitivement porté sur les groupes de pompage submersibles.

Les pompes sont entraînées par des moteurs électriques également immergés directement solidaires du corps de la pompe et tournant à vitesse constante.

Chaque pompe repose de son propre poids sur une platine située à la base du puits vertical (ou tube). L'étanchéité est assurée à ce niveau par un joint spécial. La largeur de l'ouvrage et celle des fosses est déterminée par le nombre de pompes mises en place.

La station doit assurer le relevage du débit global par le fonctionnement d'un minimum de 03 ou 04 pompes afin d'éviter toute perturbation provenant de panne de l'une ou de l'autre pompe, pouvant ainsi assécher le marigot du Dioulol. Ces pompes sont installées individuellement dans un tube dans lequel elles refoulent.

Ce type d'installation exige la réalisation sans superstructures au-dessus de la fosse des pompes se trouvant à l'extérieur du local des armoires électriques, qui se situe à quelques mètres et qui contient tout le matériel électrique de protection et de commande.

Cette solution extrêmement intéressante du point de vue du coût de l'investissement est dans le cas présent tout à fait justifiée en raison de l'utilisation systématique des électropompes immergées, au-dessus desquelles une superstructure est inutile

La nouvelle station envisagée utilise le même principe d'aménagement que les stations de pompage type de la SAED avec fosses des pompes placées perpendiculairement au courant d'eau entrant.

Ce choix se justifie par les avantages qu'offre ce type de pompe par rapport aux pompes à axes verticales.

- Absence de ligne d'arbre entre la pompe et le moteur, les déconvenues qui en résultent pour l'exploitation
- Pas de problème à l'aspiration des pompe, la hauteur de charge nette absolue à l'aspiration (NPSH) minimum est assurée
- Adaptation de la pompe aux fortes variations des hauteurs manométriques sans avoir à régler la vitesse du groupe de pompage.
- Rendement satisfaisant de l'ordre de 80 à 85%

Cependant, ce choix doit répondre aux objectifs de la SAED qui désire unifier au maximum le matériel sur l'ensemble des périmètres qu'elle exploite afin de simplifier aussi bien l'exploitation que la gestion technique sur l'ensemble des installations.

Elle a donc décidé, en conformité avec le groupes de pompage existants, d'équiper tant que possible toutes les stations de pompage en cours de réalisation avec des groupes submersibles. Le type d'électropompe « choisi » est défini ci-après (voir tableau des caractéristiques) ; il est

cependant évident de signaler que les caractéristiques des pompes et les types de pompes peuvent varier d'un constructeur à l'autre.

#### **4.4.3.2 Choix du type de pompes**

L'analyse des courbes de performance débit, hauteur (Q,H) et les données des calculs des bilans de puissance ont permis de sélectionner deux types de pompes qui disposent de caractéristiques adéquates pour un fonctionnement satisfaisant. Il s'agit :

**Caractéristiques des Pompes**  
**(Q = 1250 l/s – HMT = 4,726 m)**

Le type de groupe submersible monobloc Amacan PA4 à hélice est installé en tube. Il est destiné au drainage, à l'irrigation, à l'évacuation des eaux pluviales et de ruissellement.

La pompe Amacan est centrée automatiquement à l'intérieur du tube sous l'effet de son propre poids. L'étanchéité entre le tube et la pompe est assurée par le joint torique. Elle présente l'avantage d'être montée et démontée rapidement ; car les câbles et la tuyauterie peuvent ne pas être démontés au besoin.

Les pertes de charge dans le tube sont extrêmement faibles grâce à la forme élancée du moteur. La pompe dispose d'un dispositif de détection rapide des incidents et de la protection thermique contre les surcharges du moteur.

#### **4.4.4 Equipements et ouvrages annexes de la station**

La station doit assurer le refoulement du débit global par le fonctionnement d'un minimum de 03 ou 04 pompes afin d'éviter toute perturbation provenant de panne de l'une ou de l'autre pompe, pouvant perturber le fonctionnement des stations d'irrigation des périmètres. Ces pompes sont installées individuellement dans un tube dans lequel elles refoulent.

Ce type d'installation exige la réalisation de superstructures à proximité de la fosse des pompes se trouvant à l'extérieur du bâtiment, qui se situe à quelques mètres et qui contient tout le matériel électrique de protection et de commande.

Cette solution extrêmement intéressante du point de vue du coût de l'investissement est dans le cas présent tout à fait justifiée en raison de l'utilisation systématique des électropompes immergées, au-dessus desquelles une superstructure est inutile.

Cette installation est accompagnée d'un aménagement comprenant les ouvrages successifs se situant sur le même axe qui sont :

- Un puits constitué de deux prises d'eau avec grille, ou aboutissent tous les canaux principaux, étant donné l'importance des débits à véhiculer elles seront équipées chacune de vannes à glissement et rainure à batardeaux.
- Une fosse partiellement cloisonnée et divisée en puits ou tubes de refoulement, dans lesquels les pompes sont installées, ces tubes sont fermés à la partie supérieure par un caille- boti, sous le caille- boti se trouve le crochet de fixation du félin de levage et le guide du câble électrique d'alimentation de l'électropompe.
- La fosse de pompage sera équipée d'un portique roulant de 2500 Kg de force de levage, destiné à la manutention des électropompes et équipements accessoires.

- Un ouvrage de restitution ou bassin amortisseur recevant les eaux pompées et chargées d'en tranquilliser l'écoulement, sera également équipé de détecteurs de niveaux placés dans un tube de tranquillisation de l'eau, ces détecteurs autorisent ou non la mise en route des électropompes selon l'état du niveau d'eau.
- Un bâtiment électrique destiné à recevoir les appareillages électriques, les armoires de commande et de protection, ainsi que les équipements de comptage. Ce bâtiment sera situé sur le côté de la fosse et du bassin.
- Une cabine poste de transformation sera accolée au local électrique, abritant le transformateur et les appareillages et équipements de protection de la ligne.

#### **4.4.5 Equipements hydromécaniques de la station**

##### **4.4.5.1 Canalisation – tube de refoulement – clapet**

###### **i) Canalisation et tuyaux de refoulement**

Le choix de la nature des tuyaux du tube de refoulement de la station doit tenir compte de la nature des eaux. Les tuyauteries et accessoires doivent résister à tout agent corrosif ou érosif.

Les conduits doivent satisfaire à toutes les conditions ou sujétions normales d'emploi, notamment en ce qui concernent la pression intérieure et les charges extérieures.

Les diamètres de la canalisation de la station dépendront du type de pompe qui sera installé. Cependant, pour la détermination des dimensions et caractéristiques des équipements hydrauliques, nous donnerons ci-dessous les dimensions des conduites de refoulement des pompes installées, qui sont du type Amacan PA4.

<b>Caractéristiques</b>	<b>Station de relevage</b>
	Pompe
DN Tube de refoulement	800

###### **ii) Clapet battant**

Un clapet battant sera installé sur les sorties de refoulement de chaque groupe de pompage. Ce clapet permet, à l'aide du battant, d'isoler si nécessaire les équipements de pompage au cas où une anomalie quelconque se présenterait en cours d'exploitation.

Le clapet a aussi le rôle important de protéger le réseau contre les coups de bélier et l'écoulement du liquide en sens inverse.

##### **4.4.5.2 Equipements des prises d'eau**

Les prises d'eau seront équipées :

- D'une grille à barreaux verticaux espacés de 80 mm, inclinés à 75°. Le dégrillage se fera à la main au moyen d'un râteau.
- D'une vanne à glissement de hauteur et de largeur adaptée à celle des puits, avec commande manuelle à partir de la plate-forme.



#### **4.4.5.3 Equipements installés dans la fosse de pompage**

La fosse de pompage ne reçoit pas d'installations particulières, hormis les détecteurs poires ou sondes de niveau installés à l'intérieur, d'un tube de tranquillisation des eaux et d'échelons de descente fixés à une paroi.

Les détecteurs autorisent ou non la mise en route des groupes suivant l'état du plan d'eau. Ils peuvent provoquer l'arrêt général ou le déclenchement de l'alarme.

#### **4.4.5.4 Puits ou tubes de refoulement**

Les puits ou tubes de refoulement sont installés dans la fosse de pompage. Leur nombre est identique au nombre de groupes de pompage installés. Le diamètre des tubes de refoulement des pompes est de DN 800

Les puits de pompage dans lesquels les pompes sont installées sont fermés à la partie supérieure par une plaque métallique circulaire fixée par boulonnerie. Sous ce dispositif, on trouve le crochet de fixation, la chaîne de levage et le guide du câble électrique d'alimentation de l'électropompe.

Les pompes reposent de leur propre poids sur une platine située au fonds du tube ou puits. L'étanchéité est assurée à ce niveau par un joint spécialement adapté.

Pour les besoins de manutention des groupes de pompage, un portique roulant de 2500Kg de capacité est installée au-dessus des puits ou tubes de refoulement.

#### **4.4.5.5 Le bassin amortisseur**

Le bassin amortisseur, à l'instar de la fosse, également équipé de détecteurs poire et sondes de niveau placés dans un tube de tranquillisation de l'eau. Ces détecteurs provoquent la mise en route ou l'arrêt des groupes de pompage.

### **4.5 ALIMENTATION ELECTRIQUE**

#### **4.5.1 Source d'alimentation électrique Réseau SENELEC**

La station sera alimentée en énergie électrique par la ligne 30 KV de la SENELEC, cela nécessitera la construction d'une bretelle d'environ de 02 Km, qui permettra de relier la station à la ligne MT desservant Gassambéry et Waoundé.

Une extension du réseau MT sera réalisée sur 02 Km. Les équipements des stations fonctionneront en 380 V et seront alimentés par l'intermédiaire d'un transformateur, situé à proximité du bâtiment de pompage.

Les équipements des stations fonctionnent en 380 V et seront alimentés par l'intermédiaire d'un transformateur de puissance égale à 630 KVA, ce transformateur sera installé dans un local, situé à proximité du bâtiment abritant les armoires électriques de commande.

Le matériel électrique est identique pour toutes les stations et se différencie par le nombre des appareils installés et leur puissance, qui dépendent directement du nombre de groupes de pompage prévu dans chaque installation.

## 4.5.2 Evaluation de la puissance électrique

### 4.5.2.1 Puissance nécessaire pour le fonctionnement des électropompes

La puissance nécessaire ( $P_n$ ) du moteur pour le fonctionnement des groupes électropompes est calculée à partir des puissances des moteurs et donnent ( $P_m = 95$  Kw pour les pompes de relevage. Le rendement du moteur est estimé à 80%, d'où la puissance nécessaire de chaque électropompe sera de :

Puissance	Station de relevage
	Pompe
$P_n$ (KW)	118,75

### 4.5.2.2 Puissance apparente installée

Pour déterminer la puissance apparente nécessaire pour le fonctionnement de l'ensemble des équipements nous retenons un facteur de puissance égal à  $\cos\phi=0,8$ . En outre, nous rappelons que pour l'apport du débit global des stations, le fonctionnement de celles-ci est assuré par la marche simultanée de 04 ou plusieurs pompes.

Le fonctionnement ainsi schématisé permettra de disposer en permanence d'une pompe de réserve.

Les puissances apparentes à installer pour le fonctionnement de l'ensemble des équipements de la station sont déterminées ci-après :

$$P = 148,4 \times 4 = 593 \text{ KVA}$$

### 4.5.2.3 Puissance du transformateur destiné à l'alimentation électrique des stations

Le transformateur sera construit pour une tension de 30 KV. Ils seront de type poste transformateur installé en cabine 30 KV/380 V et de puissance égale à 110% de la puissance apparente de la station. Cette puissance constitue celle appelée du réseau et desservant directement le primaire du transformateur. On retiendra donc pour l'alimentation de la station un transformateur de puissance 630 KVA avec  $I_n = 910$  A et  $U_{cc} = 4\%$

Les transformateurs sont reliés aux installations du bâtiment électrique par câble aéro-souterraine.

## 4.5.3 Bilan de puissance

Le calcul de puissance effectué précédemment indique que la puissance en service continu est largement supérieure à la puissance la plus élevée absorbée par les pompes pour les plages de fonctionnement comprises entre les hauteurs manométriques minima et maxima.

Le bilan énergétique des stations peut s'établir de la manière suivante :

Caractéristiques	Station de relevage
	<b>Pompes</b>
Puissance absorbée par groupe de pompage (KW)	95
Puissance utile (KW)	118,75

Rendement du moteur	80%
Puissance totale apparente de la station ( KVA )	593
Puissance du transformateur de la station (KVA)	630

#### 4.5.4 Le transformateur de puissance et accessoires

Le transformateur de puissance sera alimenté par le réseau 30 KV de la SENELEC et restituera 380 V pour une alimentation uniforme des équipements. Il sera du type installé en cabine 30 KV/380 V, entièrement équipé et conforme aux normes NFC52-100

Le transformateur installé sur le site de station objet de la présente étude, sera à couplage étoile / étoile, neutre primaire et secondaire sortis à remplissage intégral, isolement dans l'huile et refroidissement naturelle.

Le transformateur sera installé en cabine et aura une puissance de 630 KVA, Il sera alimenté par le réseau 30 KV de la SENELEC et restituera, 380 V pour une alimentation uniforme des équipements, il sera du type installé en cabine (poste de transformation) 30 KV/380V, entièrement équipé et conforme aux normes NFC 52-100 et auront les caractéristiques suivantes :

Le transformateur de puissance triphasée 30kV- '400V sera du type ERI "cabine", H59, à remplissage intégral, type installé en cabine avec les caractéristiques suivantes:

- Norme :	CEI 76
- Tension primaire :	30 kV
- Tension secondaire à vide régulateur en position :	400 V
- Puissance	630KVA
- Perte à vide :	.....w
- Perte de charge à 75°C :	..... .w
- Altitude maxi :	1100 m
- Couplage	Dyn 11 ou Zyn 11
- Régulage de la tension, hors tension	+/- 5; 2,5; 0%
- Température ambiante	25°C à 45°C
- Refroidissement	OMAN
- Diélectrique	Huile minérale
- Rayonnement solaire	1 100 w
- Puissance réactive à compenser	.....
- Cos $\phi$	.....
- Rendement	.....
- Poids	.....

#### Caractéristiques communes des transformateurs <sup>1</sup>

Transformateur	630 KVA
Type	H59, remplissage intégrale
Tension primaire	30 000 V
Tension secondaire à vide, régleur en	400 V

<sup>1</sup> Le transformateur est à installer avec sa batterie de compensation fixe y compris tous les accessoires nécessaires (interrupteur, câble de raccordement, etc. ...)

position	
Perte à vide	1300 w
Perte de charge à 75°C	6500 w
Altitude maxi	400 m
Tension de court circuit	4%
Température ambiante	45 °C
Refroidissement	OMAN
Diélectrique	Huile minérale

Les transformateurs seront munis des accessoires suivants :

- Un conservateur avec assécheur d'air.
- Un relais Buckholz (1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> seuil pour le déclenchement de l'interrupteur MT et du disjoncteur BT).
- Un réservoir d'expansion avec indicateur de niveau d'huile.
- Un commentateur d'enroulement avec indicateur de position.
- Bornes de connexion MT et BT.
- Bornes de mise à la terre.
- Galets de roulement avec rails de guidage.
- Anneau de levage
- Plaque signalétique portant toutes les caractéristiques du transformateur.

#### **4.5.4.1 Protection des transformateurs de puissance**

Il sera installé dans les cellules de protection transformateur des fusibles MT du type Soléfuse ou équivalent conforme à la norme UTE C64.210.

Le choix se fera suivant le tableau ci-dessous pour une tension de service de 15 KV

<b>Puissance du transformateur (KVA)</b>	630
<b>Calibre fusible (A)</b>	43

#### **4.5.4.2 Liaisons BT transformateur - Disjoncteur de source BT**

Elle sera réalisée par câble U 1000 R02V conformément à la norme NF C32-321 et du type unipolaire en cuivre de section donnée par le tableau ci-dessous.

<b>Puissance (KVA)</b>	<b>Par phase</b>	<b>Neutre</b>
630	2 x 240	1 x 240

Afin de limiter les échauffements, la pose des câbles doit être non pointue (NFC 15-100).

Les câbles seront raccordés côté transformateur d'une part et côté disjoncteur de source BT d'autre part, au moyen de cosses cuivre d'un modèle agréé et de la boulonnerie appropriée.

#### 4.5.4.3 Disjoncteur de source Basse Tension

Le disjoncteur de source sera du type visu-compact à coupure visible, équipé de trois déclencheurs adaptés à la puissance du transformateur.

Le disjoncteur doit être conforme à la norme en vigueur et d'un modèle agréé.

Le tableau suivant donne les courants maximaux aux bornes BT du transformateur de puissance en fonction de sa puissance nominale et le calibre minimal du disjoncteur.

Puissance (KVA)	Tension CC (%)	In (A)	Calibre mini du Disjoncteur (A)
630	4	910	1000

#### 4.5.4.4 Mise à la terre du transformateur

Une barre de cuivre doit relier les masses métalliques des postes, un câble de section 35 mm<sup>2</sup> doit permettre de relier :

- Le neutre au circuit de mise à la terre.
- Le neutre du transformateur au circuit de mise à la terre.

La mise à la terre du poste transformateur nécessiterait le matériel suivant :

- Une barre en cuivre ronde diamètre 6 mm reliant toutes les masses métalliques du poste, fixée sur des isolateurs scellés au mur à raison de trois supports par mètre;
- Deux mètres de câble de couleur vert/jaune et de 35mm<sup>2</sup> de section pour :
  - relier le neutre MT au circuit de mise à la terre
  - relier le neutre du transformateur au circuit de mise à la terre

Le circuit des masses métalliques du poste, des parafoudres et celui des neutres aboutira à une barre collectrice posée sur deux isolateurs fixés au mur. A partir de la barre collectrice, trois conducteurs de 35 mm<sup>2</sup> de section en cuivre isolé, posés dans des tubes en PVC, relieront les puits de terre.

- Trois puits de terre seront reliés à la barre collectrice.
- Deux puits seront de part et d'autre du poste; le 3ème sera au sommet du triangle formé par les trois puits et sera installé du côté de la façade entrée du poste auquel sera relié le neutre.

Le raccordement du neutre au circuit de terre doit être fixé à la paroi intérieure du puits et doit être démontable pour permettre d'effectuer les mesures de la résistance de terre. Chaque puits sera constitué de trois piquets en acier recouverts de cuivre sur toute la longueur. La résistance du puits de terre doit être inférieure à 10 Ohms.

### 4.5.5 Câblerie

#### 4.5.5.1 Câble d'alimentation réseau MT

Les sections de câble sont dimensionnées de manière à respecter les sévères conditions de fonctionnement et des essais.

La bretelle qui alimente la station sera le prolongement du réseau MT existant. Etant données les faibles charges induites par les efforts du câble, la bretelle sera constituée par des supports en poteau béton (type 12B1250, 12AR1250 et 12AR800). Le câble monté en aérien sera du type Almélec 34, 4 mm<sup>2</sup>.

#### 4.5.5.2 Câble d'alimentation (puissance)

Les sections de tension maximale admis par la SENELEC pour les réseaux BT (5%). Les câbles d'alimentation destinés aux circuits de puissance seront du type armé. Il sera prévu un conducteur de terre sur chaque câble.

La longueur retenue pour les câbles de puissance dépendra de la situation du transformateur par rapport au bâtiment électrique des stations.

Pour la présente étude, la longueur retenue par le calcul de la section du câble sera estimée à 100 m,  $\cos \varphi = 0,80$  et  $U = 40$  A.

$$(a) Z_{max} = \Delta U / 1,732 \times I \times L = 0,34 \text{ V/A/Km}$$

Avec :

- **Z<sub>max</sub>** = impédance (V//A/Km)
- **$\Delta U$**  = chute de tension = 5%
- **I** = Intensité de régime normal
- **L** = longueur en Km.

Le calcul de l'impédance apparente donne  $Z_{max} = 0,34 \text{ V/A/Km}$ , ce qui correspond à la section  $S = 150 \text{ mm}^2$  avec  $\cos \varphi = 0,80$ . Le type de câble choisi est le suivant :

U 100 R 02V – 3 x 150 mm<sup>2</sup> + 50 mm<sup>2</sup>

Âme alu – 3 conducteurs

#### 4.5.5.3 Câble d'Alimentation des pompes

Câble d'alimentation des pompes électriques (commande et protection), seront du type non armé multiconducteur rond en polyvinyle type H07NF ou similaire. Leur cheminement doit être distinct de ceux des câbles de puissance.

Un câble de terre est incorporé dans chaque câble d'alimentation ; la longueur retenue pour les câbles de pompe est de 10 m.

Le démarrage sera du type « Direct ou autotransformateur », conformément aux prescriptions du constructeur, ou par l'intermédiaire du dispositif de démarrage progressif du type ALTISTART-46.

Afin de diminuer le courant de démarrage, la section déterminée à partir de l'expression de l'impédance apparente suivante donne ce qui suit :

$$Z_{max} = \Delta U / 1,732 \times I \times L = 9,98 \text{ V/A Km}$$

Le type de câble proposé est :

H07RNF 1 x 12 x 2,5 mm<sup>2</sup>

Chaque câble sera repéré à chacune de ses extrémités. Il ne sera admis aucune jonction entre le tenant et l'aboutissement des câbles.

### 4.5.6 Equipements électriques de commande et de protection

#### 4.5.6.1 Locaux électriques

Les appareillages électriques sont installés dans un petit local prévu à cet effet, situé à proximité des groupes de pompage à l'intérieur du local. On y trouve :

- Une armoire dans laquelle sont regroupés tous les éléments de puissance, commande, protection, asservissement et auxiliaire.
- Une table de comptage
- Un éclairage général et pertes de courant
- La cabine du transformateur sera installée à quelques mètres de la station.

i) Local du poste transformateur

Le local du transformation abritera le transformateur et ses accessoires de protection, composées de :

- Les cellules d'arrivée
- Les cellules de protection
- Les appareillages de comptage.

Les parties abritées seront réalisées conformément aux normes NFC – 13,100, qui définissent en détail les différentes positions à adopter.

Le local du transformateur doit être équipé de matériel d'exploitation et de sécurité selon la liste suivante :

- Deux extincteurs d'incendies d'origines électriques
- Deux perches ramasse – corps
- Deux perches de manœuvre
- Une perche munie d'un araignée de mise à la terre
- Une perche de contrôle de phase
- Deux tabourets isolants
- Deux paires de gants isolants avec coffret de rangement
- Un jeu de fusibles de rechange avec râtelier fixé sur mur
- Pancartes d'interdiction d'accès sur portes
- Affiche décrivant les consignes relatives aux premiers secours.
- Panneaux triangulaires d'avertissement.

ii) Local de l'armoire de commande

L'armoire de commande sera installée dans le local électrique. Elle doit présenter un synoptique équipé de voyants indiquant l'état de fonctionnement de l'installation.

A l'intérieur de l'armoire, tous les équipements de commande et de protection des équipements et des personnes y sont installés :

- Les contacteurs de puissance pour la commande et la protection des groupes électropompes.
- Les disjoncteurs généraux débrochables et cadenassables
- Les relais de protection thermique et de commande.

Sur la face avant sont installés :

- Les voyants lumineux de signalisation,
- Les boutons de signalisation et de commande,
- Les appareils de mesure et de contrôle (ampèremètre, voltmètre, compteurs horaires).

Les composants des armoires électriques auront les caractéristiques suivantes :

- Tension de distribution 380 / 220V – 50 hz

- Tension de commande 24 V
- Intensité nominale du jeu de barre 1000
- Température ambiante 55°C.

L'ensemble de l'appareillage basse tension et auxiliaire sera regroupé sur les châssis placés dans des armoires à fermeture par poignée ; ces armoire devront permettre un accès facile aux exploitants et un entretien aisé.

Les appareils de commande et de protection seront montés à l'intérieur sur des barreaux ou platines.

Les appareils indicateurs ainsi que les commutateurs et boutons poussoirs seront encastrés dans la porte.

L'armoire électrique de commande des pompes, disposera d'une prise bipolaire de 24 V et une prise de 220 V mono et triphasé pour le ventilateur et d'une prise 380V pour la pompe d'épuisement de la station

Le local des armoires de commande disposera de prises de courant force seront alimentées en 380 V triphasé, pour en de besoin assurer l'alimentation électrique de la pompe d'épuisement. Les appareils d'éclairage normal et les prises de courant monophasées seront alimentés en 220 V monophasé entre phase et neutre.

#### **4.5.7 Armoire de commande**

L'armoire de commande sera installée dans le local électrique. Elle doit présenter un synoptique équipé de voyants indiquant l'état de fonctionnement de l'installation.

A l'intérieur de l'armoire, tous les équipements de commande et de protection des équipements et des personnes y sont installés :

- Les contacteurs de puissance pour la commande et la protection des groupes électropompes ;
- Les disjoncteurs généraux débrochables et cadenassables
- Les disjoncteurs de protection des circuits auxiliaires
- Les relais de protection thermique et de commande.
- La batterie de condensateurs pour assurer un facteur de puissance de 0,90 à l'installation.

Sur la face avant sont installés :

- Les voyants lumineux de signalisation,
- Les boutons de signalisation et de commande,
- Les appareils de mesure et de contrôle – (ampèremètre, voltmètre, compteurs horaires).

Le câblage de commande et de signalisation sera réalisé en fils souples, section minimum 1,5mm<sup>2</sup> pour une tension nominale 500V.

##### **i) Choix des appareillages électriques de commande et de protection**

Le dimensionnement et le choix des appareillages consistent à définir les calibres des appareillages et précisément l'adéquation du dispositif de protection électrique des équipements et des personnes en commençant par l'origine de l'installation pour aboutir aux circuits terminaux.

On adoptera le mode démarrage direct pour toutes les électropompes. De ce fait, chaque appareil doit répondre simultanément aux conditions suivantes qui assurent la sécurité de l'installation :

- Véhiculer le courant d'emploi permanent et ses points transitoires,



- Ne pas générer de chute de tension susceptible de mise en fonctionnement des moteurs pendant le démarrage,
- Assurer la protection des personnes contre les courants indirects.

Les appareillages intervenant pour le démarrage « direct » seront installés dans les armoires et comprendront essentiellement les éléments qui sont définis dans le présent chapitre :

- Disjoncteur général
- Disjoncteur différentiel
- Disjoncteur magnéto-thermique,
- Relais de protection différentiel,
- Contacteurs
- Relais thermiques.

#### a) Disjoncteur général

L'efficacité du choix de disjoncteur de source des disjoncteurs de départ principaux, des disjoncteurs de départ secondaires, dépendra des paramètres suivants :

- Protection contre les défauts d'isolement,
- Coupure visible de l'installation ou verrouillage en position ouverte,
- Déclenchement sur un défaut quelconque,
- Coupure ou sectionnement en cas d'urgence.

Notre choix se porte sur un disjoncteur compact débrochable :

Type C 1250 - calibre S1000	PDC = 85 KA – $I_N = 400A$
-----------------------------	----------------------------

#### b) Disjoncteur différentiel

Ce disjoncteur est destiné à l'alimentation de l'éclairage et des prises de courant. Le modèle proposé est un disjoncteur modulaire :

Type C630N	$I = 630 A$	$U = 415V$	$T = 50 ms$
------------	-------------	------------	-------------

#### c) Disjoncteur moteur magnéto-thermique

Ce disjoncteur moteur magnéto-thermique est situé sur le départ moteur, et doit essentiellement assurer la commande et la protection du moteur dont les fonctions essentielles sont les suivantes :

- Commande, coupure, sectionnement moteur
- Protection contre les courts-circuits et les surcharges thermiques (magnéto-thermiques)
- Protection spécifique du moteur (échauffement, niveau, vibration, survitesse, etc.)

Type Relais Magnéto-Thermique	NS 250
-------------------------------	--------

#### d) Relais de protection différentielle

Ce relais à courant résiduel sera installé associé au disjoncteur général assurant la protection des personnes contre les contacts indirects dans le cas d'une masse quelconque ou mise du secondaire à la terre.

L'efficacité de cette protection dépendra essentiellement des résistances de la mise à la terre des masses.

**Type de relais différentiel avec tore I = 630 à 250 A S = 0 à 500 ms**

#### e) Contacteurs

Les contacteurs assurent la fonction de commande et d'automatisme. Leur calibre, déterminé par l'expression suivante, devra supporter le courant absorbé par le moteur :

Calibre In/1,74	- soit In d'emploi AC3 = 315A
-----------------	-------------------------------

Type contacteur	- pompe	- LC1 - F150
-----------------	---------	--------------

Les contacteurs seront conformes à la recommandation C.E.I. N° 158. Leurs contacts seront dimensionnés de façon qu'en service normal ils soient parcourus par un courant inférieur à 90 % environ de leur calibre nominal.

Le nombre de calibres différents devra être le plus réduit possible afin de diminuer les stocks de pièces de rechange.

Les contacteurs devront fonctionner sans bruit, ni vibrations exagérées ; leur fonctionnement ne devra amener en aucun cas de perturbations dans celui des relais installés sur les mêmes châssis.

Les bobines seront alimentées en tension alternative 220 V pour les contacteurs de puissance et 24 V pour les contacteurs de faible puissance. Elles devront permettre un fonctionnement correct du contacteur pour une tension variant de + 10 à - 20 % de la tension normale et pouvoir rester indéfiniment sous tension égale à 1,1 fois la tension normale.

Les relais de protection du type thermique ou magnétothermique seront montés sur tous les pôles et seront compensés en température.

En supplément des contacts auxiliaires nécessaires pour le fonctionnement normal de l'installation, chaque contacteur comportera un bloc de contacts instantanés "O + F".

Les contacteurs assurent la fonction de commande et d'automatisme. Leur calibre, déterminé par l'expression suivante, devra supporter le courant absorbé par le moteur

#### f) Relais thermique

Le type de relais thermique doit être à protection compensée à la température ambiante et différentielle. Il assurera la protection du moteur contre les surcharges pour la commande des moteurs des électropompes.

Les relais seront de présentation saillie à prises avant, de préférence embrochables sur un socle intermédiaire et protégés par un capot étanche. Pour ces relais, un soin particulier sera apporté à la fixation de façon à éviter tout fonctionnement intempestif par chocs ou vibrations.

Les dispositifs de règle seront disposés sur la face avant des relais. Chaque relais sera livré avec sa courbe d'étalonnage.

Les relais auxiliaires seront du type électromagnétique à bobine alimentée en 24 V courants alternatifs ou courant continu. Ils seront tous embrochables sur socle intermédiaire comportant les dispositifs de raccordement par clips et seront munis de dispositifs de détrempe.

Le courant thermique nominal ne sera inférieur à 5 A ; le fonctionnement des relais sera correct pour des variations de tension comprises entre + 10 et - 20 % de  $U_N$ .

Type relais	-	LR <sub>3</sub> – F315
-------------	---	------------------------

#### **g) Détecteurs de niveau**

Les détecteurs de niveau constitués de poires ou sondes de niveau seront installés dans la fosse de pompage et dans le bassin amortisseur de restitution. Ils seront du type blindé à flotteur, monté à l'intérieur d'un tube de tranquillisation du plan d'eau. Ils seront verrouillables. Le filin du sélecteur et le flotteur seront en acier inoxydable, ou en matériaux insensibles à la corrosion.

Les contacts de sécurité correspondant aux niveaux extrêmes admissibles seront dédoublés.

Ils ne pourront en aucun cas être court-circuités. Toute mise hors-circuit des détecteurs de niveau interdira systématiquement toute mise en route des groupes de pompage.

La durée minimale de la présence d'un signal émis par un détecteur, sauf en ce qui concernent les niveaux extrêmes, sera contrôlée par un relais de niveau afin d'éviter des mises en route suivies d'arrêts intempestifs dus à une montée rapide et momentanée du plan d'eau.

#### **ii) Mode de démarrage des électropompes**

Le mode de démarrage est celui proposé par le constructeur des groupes de pompage du type Amacan PA4 (Démarrage Direct ou Autotransformateur). Cependant, pour être en phase avec l'évolution technologique, nous recommanderons d'installer un démarreur progressif du type ALTISTART 46. Ce démarreur progressif permet de contrôler la montée progressive de la tension de sortie et de limiter la valeur du courant, par asservissement à la tension lors du démarrage, et assure entre autre la protection contre les surcharges et l'inversion des phases avec un temps de démarrage limité.

Il assure pendant la période de démarrage et d'arrêt :

- La maîtrise des caractéristiques de fonctionnement
- La protection thermique du moteur et du démarreur
- L'adaptation du couple moteur
- Un courant de démarrage limité de 2 à 5 fois l'intensité nominale.

Nous donnons, à titre d'information, le type et les références du démarreur et des appareillages qui lui sont associés :

Désignation	Station de relevage
	Pompe drainage
Démarreur	ATS – 46C 25N
Contacteur	LC1 – F150
Disjoncteur magnétique	NS 250

**NB :** Le choix du type de démarrage sera laissé à l'appréciation du constructeur qui prendra la décision la plus adéquate compte tenu du type des électropompes submersibles proposés

#### **4.5.7.2 Le réseau de terre**

Le réseau du circuit de terre des appareils électriques est relié à une prise de terre indépendante réalisé à proximité de chaque station et ayant une résistance inférieure à 10 Ohm.

Les circuits de terre seront conformes aux normes et prescriptions en vigueur au Sénégal.

En principe, les armatures des ouvrages en béton sont raccordées à ce réseau de terre.

Les liaisons électriques entre le bâtiment électrique et la station de pompage s'établissent par des câbles enterrés et placés dans des gaines de protection.

#### **4.5.7.3 Alarme optique et acoustique**

La station sera équipée d'une alarme optique et acoustique installée sur le toit du bâtiment électrique. Cette alarme est actionnée dès qu'un défaut majeur apparaît (niveau trop bas dans la fosse, trop haut dans le bassin, échauffement anormal de la pompe ou du moteur électrique).

Conjointement à son actionnement, les indications correspondantes apparaissent sur les lampes témoins de l'armoire de contrôle et de commande.

Cette alarme doit pouvoir être coupée sans que les indications de défaut, affichées par les lampes témoins, ne disparaissent également.

#### **4.5.7.4 Dispositifs d'éclairage et de ventilation**

La station est munie d'un éclairage de 220 Volts monophasés, d'une puissance d'éclairage de 200 LUX, avec au moins deux prises de courant. L'installation sera du type protégé par des disjoncteurs modulaires avec une ligne de terre. A l'extérieur, la prise d'eau et le bassin amortisseur seront éclairés au moyen de deux projecteurs de 400 W.

La ventilation du bâtiment des équipements électriques est assurée par un ventilateur du type extracteur d'une capacité de 400 m<sup>3</sup>.

#### **4.5.7.5 Tableau de comptage**

Le tableau de comptage doit être conforme aux normes de la SENELEC. Il est installé indépendamment de l'armoire. Les disjoncteurs généraux qui l'accompagnent sont débrosables et cadénassables en position ouverte et sont installés séparément sous le tableau.

Il sera installé dans le poste de transformation MT/BT, un transformateur de courant triphasé placé en amont du disjoncteur BT de source afin de permettre au distributeur d'énergie d'installer son matériel de comptage.

### **4.6 CONDITIONS DE SERVICES ET DE FONCTIONNEMENT**

#### **4.6.1 La commande des groupes de pompage**

La mise en marche et l'arrêt général des groupes de pompage se fera à la main par action sur un commutateur à trois fonctions, permettant de choisir le mode de marche « Manuelle –Automatique ou Arrêt ». En position automatique le fonctionnement des groupes est asservi aux détecteurs de niveaux.

Les détecteurs de niveau placés dans la fosse de pompage surveillent le fonctionnement hydraulique, tandis que les sondes à l'intérieur des groupes, en contrôle l'humidité et la température.

En marche automatique les groupes sont enclenchés automatiquement en fonction des niveaux d'eau dans la fosse de pompage.

En marche manuelle les détecteurs n'influencent le fonctionnement des groupes que pour les conditions extrêmes, niveau haut maximum dans le bassin amortisseur ou niveau bas minimum dans la fosse de pompage.

D'une manière générale tout défaut quel qu'il soit, provoque tout d'abord l'arrêt du groupe concerné puis le cas échéant l'arrêt général et actionne l'alarme optique et acoustique situé sur le toit du bâtiment électrique.

#### **4.6.2 Conditions de fonctionnement**

Un dispositif de commutation devra permettre la rotation des groupes afin d'équilibrer le nombre d'heures de fonctionnement entre eux ou d'établir une priorité. Cet appareil sera à deux positions.

Le principe de la régulation, ainsi que les enclenchements et les arrêts des groupes, seront basés sur les niveaux caractéristiques et actionnés par les détecteurs de niveau installés dans le bassin de restitution ou dans la fosse de pompage.

Le fonctionnement des groupes de pompage sera asservi au niveau d'eau dans la fosse de pompage. Les ordres de démarrage et d'arrêt sont donnés par les niveaux caractéristiques des plans d'eau via les détecteurs de niveau.

Il est prévu d'installer sur chaque pompe des sondes électriques en détection de niveaux de type « poire de niveau » ou des sondes ultra soniques placées en tube tranquillisateur et qui assurent la régulation de marche des électropompes selon les niveaux suivants :

- Le niveau bas à l'aspirateur, sera calé à la cote 8,50 m IGN. Elle commande l'arrêt de la pompe si le niveau d'eau dans le bief d'Orkadiéré atteint 12,45 m IGN.
- Le niveau haut de refoulement, sera calé à la cote 12,45 m IGN. Elle commande le démarrage automatique de la pompe si le niveau d'eau dans le bief d'Orkadiéré descend à 12,00 m IGN.

Une possibilité de marche normale des groupes de pompage sera assurée par le commutateur de l'armoire de commande.

La station sera mise en route dès qu'une baisse du niveau d'eau est constatée dans le Dioulol et en principe, pour ainsi répondre à toute variation de débit ou du niveau d'eau dans les parcelles des périmètres et l'amont des stations d'Orkodiére et de Hamadi Ounaré.

Il faudrait cependant signaler que le fonctionnement de la station se fera plutôt en fonction de la hauteur d'eau qu'il y'aura dans le Dioulol et à l'entrée amont des stations.

Pendant toute la saison des pluies, le plan d'eau dans le chenal de prise sera maintenu systématiquement aussi bas que possible par enclenchement immédiat d'un des groupes de pompage, ceci pour avoir le volume tampon maximal dans le réseau et ainsi éviter le risque d'inondation en cas des pluies intenses et prolongées.

Le refoulement du débit maxi doit être assuré par l'ensemble des groupes de pompage qui fonctionneront simultanément.

La station de relèvement sera toujours prête à fonctionner en temps voulu et un débit devant satisfaire les besoins du moment,

### 4.6.3 Principe de régulation

La station doit répondre, à toute variation du débit et à toute baisse du plan d'eau dans le Dioulol. Ces conditions sont remplies uniquement par la mise en marche d'un ou plusieurs groupes, chacun d'eux fonctionnant à vitesse constante et par tout ou rien sans réglage de débit.

Le fonctionnement de la station pourra se faire en manuel ou en automatique. En mode automatique, la marche-arrêt des groupes sera asservie aux niveaux du bassin et de la fosse de pompage. Ce fonctionnement est compatible avec le mode de gestion en commande par l'aval.

Ce mode de commande recommandé par la SAED, permet d'ajuster le débit et de disposer de réserve d'eau entre le niveau marche et le niveau arrêt de la station suffisamment importante pour limiter la fréquence de démarrage des groupes à moins de 2 démarrages par 30 minutes.

L'arrêt de fonctionnement des groupes interviendra dans le cas d'un niveau anormalement bas dans la fosse d'aspiration. On veillera à ce que le niveau d'arrêt d'urgence soit calé à la hauteur minimum de submergence des électropompes, et nous retiendrons pour cette étude, pour le type de pompe Amacan PA4 destinées au drainage, une hauteur minimum de 1,50 m et pour la pompe d'épuisement une hauteur minimum de 1,30 m au-dessus du fond de la bêche d'aspiration des pompes.

Cette cote minimum d'immersion doit être confirmée par le constructeur au moment de l'installation et de la mise en route de la pompe. La cote de submergence dépend essentiellement du type de pompe.

La mise en marche/arrêt s'exécutera par l'intermédiaire des détecteurs de niveau situés dans le bassin de restitution de la fosse de pompage.

Les niveaux caractéristiques et le principe de régulation sont donnés dans le tableau ci-après :

Caractéristiques de niveau	Station	Etat station
<u>Fosse aspiration</u>		
Niveau très bas	+8,50	Arrêt par disjonction (alarme optique et acoustique)
Niveau bas normal	+8,55	Arrêt normal
Niveau bas normal	+8,60	Arrêt normal
<u>Bassin refoulement</u>		
Niveau trop haut	+ 12,55	Arrêt par disjonction (alarme optique et acoustique)
Niveau haut normal	+ 12,50	Arrêt normal
Niveau normal	+ 12,45	Marche normale contrôlée

### 4.6.4 Surveillance du fonctionnement des groupes de pompage

Pour des conditions d'exploitation des groupes de pompage type Amacan PA4, le constructeur KSB a conçu un dispositif constituant un accessoire électrique appelé

« AMACONTROL SDC »

L'Amacontrol SDC est un appareil de surveillance, de protection et de commande piloté par micro processeur et destiné à la pompe du type Amacan P.

L'Amacontrol remplace tous les dispositifs classiques de surveillance requis pour le contrôle et la commande d'une pompe ou selon le cas de deux ou plusieurs pompes

Il assure les fonctions suivantes :

- Signalisation des défaillances
- Surveillance de l'état de fonctionnement des pompes
- Protection contre la surcharge
- Compteur horaire de service
- Commande de pompe relative au niveau
- Mise en circuit à la charge de pointe
- Alarme de niveau
- Changement de pompes en cas de panne

Nous recommandons à la SAED de voir l'opportunité de la mise en place de ce dispositif qui à priori, semble très intéressant et convient parfaitement aux conditions de fonctionnement d'exploitation de surveillance de la station.

## **5. SPECIFICATIONS TECHNIQUES DES COMPOSANTES DU PROJET**

### **5.1 EQUIPEMENTS HYDROMECHANQUES, PIECES SPECIALES ET ROBINETTERIE**

Pour l'exécution de l'ouvrage projeté, le projet prévoit la fourniture, le transport, le montage conformément au plan et l'essai d'étanchéité des nouveaux équipements (vannes murales, groupes de pompage,...).

### **5.2 TRAVAUX DE GENIE CIVIL**

#### **5.2.1 Réalisation de l'ouvrage**

L'ouvrage sera exécuté conformément au plan d'exécution qui sera réalisé par l'entreprise et approuvé par l'administration. Cet ouvrage est composé des travées de section rectangulaire, un seuils déversoir et une passerelle.

#### **5.2.2 Déblais**

Il comprend :

- Le débroussaillage comprenant l'enlèvement des arbres et arbustes quelle que soit la circonférence du tronc, l'arrachage des souches, le nivellement du terrain et la mise en tas de la végétation à l'extérieur de l'emprise du canal,
- Le déblai en tout terrain et quelques soit la profondeur,
- l'obtention des autorisations diverses,
- le levé des profils en long et en travers ainsi que les plan de détails du terrain naturel, le piquetage et l'implantation,
- l'aménagement éventuel des accès, le dégagement de l'emprise nécessaire à l'exécution du travail,
- le réglage du fond de fouille et des pentes aux cotes du projet,

#### **5.2.3 Remblais**

La reconstruction de la section du canal selon le projet sera faite avec du remblai compacté provenant soit de l'excavation soit de carrières. Les profils en travers types du chenal d'aménagé sont donnés au dossier plan.

Une partie du déblai du canal sera utilisé pour réaliser une diguette à proximité. Cette diguette permet dévier les eaux provenant de l'extérieur et engendrant des fortes érosions.

### **5.3 GESTION DE L'OUVRAGE**

Afin d'améliorer le fonctionnement du système, l'ouvrage doit être correctement géré. La réalisation des infrastructures doit être accompagnée par la mise en place d'un système de gestion efficace et durable. L'exploitant doit assurer toutes les tâches nécessaires pour garantir le bon fonctionnement du système.

Afin de garantir le bon fonctionnement des infrastructures, dans le cadre d'une gestion indépendante et prise en charge totale par les bénéficiaires, il est impératif que les infrastructures



soient suivies et entretenues selon un programme arrêté en fonction des spécificités de chaque composante.

La structure qui aura pour tâches le contrôle, le suivi et la programmation des opérations de la gestion des ouvrages et de l'entretien des infrastructures.

L'entretien des infrastructures doit être organisé systématiquement selon un programme qui peut être révisé en fonction des observations et des enregistrements marqués.

Les opérations d'entretien sont de types préventifs et curatifs, ces opérations (importance et fréquence) seront arrêtées et développées dans le cadre de la mission de contrôle des travaux.

L'organisme chargé de cette mission établira un manuel d'entretien sur les modes opératoires, cadence d'entretien ainsi que les opérations préventives à suivre pour garantir un bon fonctionnement des infrastructures.

Le suivi des débits et du niveau d'eau dans différents points du Dioulol permet de faciliter la gestion et le contrôle du système.

### **5.3.1 Contrôle des débits**

Le présent rapport recommande une gestion de l'eau basée sur les volumes d'eau consommés grâce à la comptabilisation des durées de pompage. Le contrôle des débits dans le Dioulol peut se faire aussi par la mesure du niveau d'eau en amont de l'ouvrage.

Les débits peuvent être déduits des courbes de tarage du seuil.

### **5.3.2 Contrôle des niveau d'eau**

La gestion des différentes composantes du système nécessite un contrôle continu des niveaux d'eau. Ainsi il est nécessaire de suivre le niveau d'eau dans le Sénégal et dans le Dioulol. La connaissance des niveaux d'eau dans les cours d'eau permet au gestionnaire de décider quant à l'irrigation et la disponibilité en eau. Un système d'enregistrement automatique peut être prévu. Le suivi du niveau d'eau dans le Dioulol peut être réalisé par l'installation d'échelles limnimétriques

## **6. IMPACTS DES AMENAGEMENTS SUR L'ENVIRONNEMENT**

### **6.1 IMPACTS POTENTIELS**

#### **6.1.1 Pendant la phase de préparation et de réalisation des travaux**

Les sources de problèmes potentiels incluent les défrichements, les pollutions accidentelles au niveau des base-vie, les déchets de chantiers, les feux de brousse, des nuisances que les populations peuvent subir, la sécurité en rapport avec le transport, etc.

- Les sites de chantiers peuvent nécessiter des défrichements pour les rendre aptes à cet usage. Cet impact peut être négligeable puisque dans la plupart des zones d'intervention du projet il existe des terrains nus et bien placés pour abriter des chantiers.
- La mise en place des chantiers nécessitera d'importants mouvements de véhicules et d'engins vers les sites qui vont les abriter. Lorsque les voies qui mènent à ces sites se trouvent à proximité de villages les populations seront exposées à des nuisances dont le bruit le soulèvement de poussières. Cette dernière peut très importante pendant la saison sèche et pendant la période où sévit l'harmattan. A cela s'ajoute des risques d'accidents (collision de personnes et/ou d'animaux).
- A l'intérieur des chantiers on peut associer au stockage de produits inflammables (carburant notamment) le risque d'occasionner des incendies et des feux de brousse. Le déversement d'hydrocarbures accidentellement (carburant) ou volontairement (huiles usagées) peut causer la pollution des eaux souterraines.
- Les constructions (génie civil) vont nécessiter des matériaux qui, naturellement, seront prélevés dans des carrières et zones d'emprunt dans la zone du projet.

#### **6.1.2 Pendant la phase d'exploitation**

- L'implantation de l'ouvrage envisagé peut interférer sur l'écologie d'espèces aquatique à l'image de ce qui s'est passé au niveau de l'ouvrage sur le Nawel au niveau de Matam dont l'écluse aurait empêché la migration de lamantins. Elle peut également affecter d'autres usages (pêche, élevage notamment) ou l'écologie. La pollution des eaux (de surface et / ou souterraines par les engrais et pesticides est également une problématique à considérer.
- Des problèmes de sécurité en rapport avec l'approvisionnement des stations en électricité peuvent se poser : risques de rupture de câble et d'électrocution. En effet le réseau est constitué de centaines de mètres de câbles électriques.

### **6.2 CONCLUSION**

A la lumière des conditions environnementales de base et des travaux envisagés on peut s'attendre à des incidences environnementales qui seront liées aux travaux et à l'exploitation des périmètres et des ouvrages. Dans l'ensemble les impacts peut être annulés ou réduits de manière à les rendre insignifiants si les mesures et actions appropriés sont prises.

## **7. CONDITIONS DE REALISATION DES TRAVAUX**

### **7.1 REPARTITION EN LOTS**

Les travaux seront répartis comme suit :

- Sous lot 1.1 : Réhabilitation des périmètres irrigués et réalisation des ouvrages de Nabadji et Yédia
- Sous lot 1-2 : Réalisation de l'ouvrage de contrôle du Dioulol.
- Sous lot 2 : Equipement Electriques et Electromécaniques (y compris les stations de périmètres irrigués de Hamady Ounaré et Orkadiéré).

Les travaux doivent être réalisés en période de plus bas niveau d'eau, soit généralement en période d'hors saison.

Il est recommandé de regrouper les travaux de même nature, ce qui permettra de mieux rentabiliser la préfabrication d'éléments en béton et d'assurer une meilleure qualité des ouvrages construits.

De plus, les capacités de réalisation des travaux par une entreprise, dans les délais sont à considérer.

Certains travaux s'apparentent à des travaux d'exploitation. Ainsi les appareillages hydrauliques du réseau, et en particulier les vannes de sectionnement, nécessitent un entretien continu.

### **7.2 PROGRAMMATION DES TRAVAUX**

Il convient de programmer les travaux de manière à porter le moins de préjudice possible à l'exploitation. Les travaux peuvent être réalisés hors saison de pluie, toutefois, il est préférable de les commencer juste après la période hivernale afin de finaliser une partie des travaux avant le début de la campagne.

Les travaux devront ainsi être planifiés de manière à limiter la durée de non exploitation des périmètres (par les actions sur le Dioulol).

### **7.3 ETUDE D'EXECUTION**

Il est impératif que les implantations des ouvrages soient fixées de manière définitive avant le démarrage des travaux bien que certains ajustements mineurs soient inévitables au moment des travaux.

Sur la base de l'étude, l'entrepreneur chargé des travaux réalisera l'étude d'exécution y compris les plans définitifs ainsi que les plans de détail nécessaires pour l'exécution des travaux. Il fournira à l'appui de ces plans (en particulier pour les ouvrages en béton armé) les notes de calcul correspondantes (génie civil et hydraulique).

Les plans définitifs peuvent présenter certaines différences par rapport aux plans du DCE

### **7.4 DELAIS D'EXECUTION**

Les délais d'exécution des travaux peuvent être fixés à *8 mois pour l'ouvrage de Dioulol (Génie Civil et terrassement)*. Ces travaux concernent tous les travaux de génie civil, terrassement ainsi.

## **7.5 OPTIONS TECHNIQUES**

Certaines options techniques devront être laissées ouverte au niveau de la consultation des entreprises et dépendront à la fois de la technicité des entreprises et du contexte de travail.

Ainsi la préfabrication des ouvrages dépendra en grande partie de l'accessibilité des zones de travaux et des moyens de transports dont dispose l'entreprise.

La nature des équipements à fournir (vannes murales) fixera définitivement le calage définitif de l'ouvrage.

## **7.6 PRECAUTIONS PARTICULIERES A PRENDRE PAR L'ENTREPRISE**

Le milieu étant difficile, une attention particulière doit être appropriée par l'entreprise quant à l'approvisionnement.

L'entreprise devra se rapprocher de l'administration pour définir ensemble les précautions à prendre dans le cadre du chantier sous sa responsabilité totale.