



RÉPUBLIQUE DU NIGER

Fraternité - Travail - Progrès



Ministère de l'Agriculture

Direction Générale du Génie Rural

**ELABORATION DU SCHEMA D'AMENAGEMENT DES CUVETTES ET
TERRASSES DE TANDA A KOULLOU ET ETUDES APS/APD/EIES/DAO
D'AMENAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DE 150 HA DANS
LA CUVETTE DE KOULOU, REGION DE DOSSO**

**AVANT PROJET DÉTAILLÉ - APD
(150ha à Koulou)**



MÉMOIRE TECHNIQUE



Version définitive

Février 2018

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	1
1.1. CONTEXTE ET JUSTIFICATION DES ETUDES	1
1.2. DEROULEMENT DES ETUDES APD	2
1.3. STRUCTURE DU RAPPORT	2
2. PRESENTATION DE L'ETUDE	4
2.1. OBJECTIFS DE L'ETUDE APD DE 150 HA DE LA CUVETTE DE KOULOU	4
2.2. SITUATION GEOGRAPHIQUE DU PROJET	4
2.3. ORGANISATION TRADITIONNELLE ET COUTUMIERE.....	5
2.4. DONNEES NATURELLES ET PHYSIQUES DE LA ZONE	6
2.4.1. Climat et pluviométrie.....	6
2.4.2. Température.....	6
2.4.3. Vents	6
2.4.4. Humidité relative.....	7
2.4.5. Evapotranspiration	7
2.4.6. Pédologie	7
3. SYNTHESE DES ETUDES SECTORIELLES	8
3.1. ETUDE TOPOGRAPHIQUE	8
3.2. ETUDE PEDOLOGIQUE.....	9
3.2.1. Objectifs	9
3.2.2. Méthodologie de l'étude	10
3.2.3. Résultats	10
3.3. ÉTUDE HYDROLOGIQUE	14
3.3.1. Evaluation des ressources en eau du fleuve	14
3.3.2. Risque d'inondation des aménagements à projeter.....	19
3.3.3. Estimation des débits de crue des koris	21
3.4. ÉTUDE GEOTECHNIQUE	24
3.4.1. Objectifs de l'étude.....	24
3.4.2. Méthodologie de l'étude	24
3.4.3. Résultats	24
3.5. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (EIES).....	28
3.5.1. Objectifs de l'étude.....	28
3.5.2. Description complète du projet.....	28
3.5.3. Etat initial du site et de son environnement : Situation de référence.....	28
3.5.4. Analyse du cadre politique, institutionnel et juridique de la mise en œuvre du projet..	35
3.5.5. Description, analyse des variantes et présentation du projet retenu	36
3.5.6. Evaluation des changements/Impacts/Effets probables	37
3.5.7. Coût environnemental	37
3.6. PLAN D'ACTION DE REINSTALLATION (PAR)	38
3.6.1. Objectifs de l'étude.....	38
3.6.2. Approche méthodologique	38
3.6.3. Déplacement, indemnisation/compensations et réinstallation	39
3.6.4. Coûts et Impacts du PAR.....	41
4. ETUDE D'AMENAGEMENT.....	42
4.1. SYSTEME D'IRRIGATION.....	42
4.2. NORMES DE CONCEPTION DU PERIMETRE DE KOULOU.....	42
4.2.1. Les canaux d'irrigation	42
4.2.2. Le réseau de drainage	43
4.2.3. La digue de protection.....	43
4.2.4. Digue de ceinture	44
4.2.5. Les pistes de dessertes	44
4.3. PLAN DE L'AMENAGEMENT	44
5. CALAGE ET DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES.....	47

5.1.	CALAGE ET DIMENSIONNEMENT DU RESEAU D'IRRIGATION ET DE DRAINAGE	47
5.1.1.	Canaux d'irrigation	47
5.1.2.	Réseau de drainage.....	48
5.2.	DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES	51
5.2.1.	Prise canal primaire.....	51
5.2.2.	Prise secondaire.....	51
5.2.3.	Prises tertiaires.....	51
5.2.4.	Prises de rigoles.....	51
5.2.5.	Régulateurs sur canaux primaires	51
5.2.6.	Régulateur sur canal tertiaire	51
5.2.7.	Déversoir de sécurité	51
5.2.8.	Débouché de drain tertiaire dans le drain secondaire	52
5.2.9.	Débouché drain secondaire dans le drain primaire	52
5.2.10.	Ouvrage équipé de vannes pour débouché du drain principal	52
5.2.11.	Franchissement sur drain principal	52
5.2.12.	Franchissement sur digue de protection	52
6.	ETUDE DE LA STATION DE POMPAGE ET D'EXHAURE	53
6.1.	ESTIMATION DES BESOINS DE POINTE.....	53
6.2.	DETERMINATION DE LA HAUTEUR MANOMETRIQUE TOTALE (HMT)	53
6.2.1.	Cotes mini d'aspiration.....	53
6.2.2.	Cotes maxi de refoulement.....	54
6.2.3.	Hauteurs Manométriques Totales (HMT) des électropompes	54
7.	MODE DE REALISATION DES TRAVAUX	56
7.1.	CANAUX PRIMAIRES	56
7.2.	RESEAU SECONDAIRE D'IRRIGATION.....	56
7.3.	RESEAU TERTIAIRE D'IRRIGATION.....	57
7.4.	DIGUE DE PROTECTION	59
7.5.	DIGUE DE CEINTURE	59
7.6.	DRAIN PRIMAIRE	59
7.7.	RESEAU SECONDAIRE DE DRAINAGE	59
7.8.	RESEAU TERTIAIRE DE DRAINAGE	62
7.9.	AMENAGEMENT PARCELLAIRE.....	62
7.10.	STATION DE POMPAGE ET D'EXHAURE.....	63
8.	D DEVIS ESTIMATIF DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT	64
8.1.	AVANT METRES	64
8.2.	DEVIS ESTIMATIF DES TRAVAUX	64
8.3.	COUTS ENVIRONNEMENTAUX.....	64
9.	ANNEXES	65
9.1.	ANNEXE 1 : MODELISATION HYDRAULIQUE DES ECOULEMENTS DU FLEUVE NIGER.....	66
9.1.1.	Présentation du modèle de simulation HEC-RAS.....	67
9.1.2.	Calage du modèle de simulation en situation actuelle.....	68
9.1.3.	Impact hydraulique de l'endiguement du fleuve Niger.....	69
9.1.4.	Annexe 1.1 : Modélisation hydraulique du fleuve Niger dans la situation actuelle	75
9.1.5.	Annexe 1.2 : Modélisation hydraulique du fleuve Niger avec endiguement des nouveaux périmètres.....	82
9.2.	ANNEXE 2 : CALAGE - DIMENSIONNEMENT CANAUX PRIMAIRES ET SECONDAIRES.....	89
9.3.	ANNEXE 3 : CALAGE ET DIMENSIONNEMENT DES DRAINS	96
9.4.	ANNEXE 4 : CALAGE ET DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES PONCTUELS	109
9.5.	ANNEXE 5 : ESTIMATION DU DEBIT DE POINTE DE LA STATION DE POMPAGE	114
9.6.	ANNEXE 6 : TERRASSEMENT CANAUX, DRAINS ET DIGUE DE PROTECTION	117
9.7.	ANNEXE 7 : AVANT-METRE UNITAIRE & GLOBAL DES OUVRAGES.....	127
9.8.	ANNEXE 8 : DETAILS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DES TRAVAUX DE KOULOU.....	130

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : COORDONNEES ET ALTITUDES DES BORNES IMPLANTEES DANS LA CUVETTE DE KOULOU	8
TABLEAU 2 : PRINCIPAUX TYPE DE SOLS IDENTIFIES	10
TABLEAU 3 : CLASSIFICATION DE L'APTITUDE DES TERRES A L'IRRIGATION	11
TABLEAU 4 : MODULES DE LA STATION DE MALANVILLE DE 1985 A 2014 (M3/s)	15
TABLEAU 5 : DEBITS MOYENS MENSUELS (M3/s) PERIODE 1984-2014 AUX PRINCIPALES STATIONS SUR LE FLEUVE AU NIGER	15
TABLEAU 6 : ÉCHANTILLON DES DEBITS MINIMAUX DU NIGER A MALANVILLE DE 1985 A 2014 (M3/s)	16
TABLEAU 7 : DEBITS MINIMA CARACTERISTIQUES A MALANVILLE (M3/s)	17
TABLEAU 8 : DEBITS MAXIMAUX DE MALANVILLE DE 1985 A 2014 (M3/s)	18
TABLEAU 9 : DEBITS MAXIMA CARACTERISTIQUES A MALANVILLE (M3/s)	18
TABLEAU 10 : HAUTEURS D'EAU MAXIMA ET MINIMA CARACTERISTIQUES A MALANVILLE (M+).....	20
TABLEAU 11 : LISTE DES KORIS DEBOUCHANT DANS LES AMENAGEMENTS PROJETES	21
TABLEAU 12 : PARAMETRES POUR L'UTILISATION DE LA METHODE DE L'ORS TOM	23
TABLEAU 13 : SYNTHESE DES RESULTATS DE L'UTILISATION DE LA METHODE DE L'ORSTOM.....	24
TABLEAU 14 : RESUME DES COUTS DU PAR	41
TABLEAU 15 : CARACTERISTIQUES DU RESEAU D'IRRIGATION	42
TABLEAU 16 : CRITERES DE DIMENSIONNEMENT DES DRAINS INTERNES.....	43
TABLEAU 17 : CRITERES DE DIMENSIONNEMENT DE LA DIGUE DE PROTECTION	44
TABLEAU 18 : CALAGE ET DIMENSIONNEMENT DU CP1	50
TABLEAU 19 : DEBITS DE POINTE AU NIVEAU DE LA STATION DE POMPAGE DE KOULOU.....	53
TABLEAU 20 : HAUTEUR MANOMETRIQUE TOTALE (HMT) DES ELECTROPOMPES	55
TABLEAU 21: LONGUEUR DES CANAUX TERTIAIRES	57
TABLEAU 22 : LONGUEUR DES DRAINS SECONDAIRES	60
TABLEAU 23 : LONGUEUR DES DRAINS TERTIAIRES PAR SECONDAIRE OU DRAIN PRIMAIRE	62
TABLEAU 24 : REPARTITION DES COUTS DE L'AMENAGEMENT DE 150 HA DE KOULOU	64
TABLEAU 25 : PENTE MOYENNE DU FLEUVE NIGER EN ANNEE HUMIDE	69
TABLEAU 26 : DEBITS MAXIMA CARACTERISTIQUES A MALANVILLE (M ³ /s) EN ANNEE HUMIDE	69
TABLEAU 27 : HAUTEURS D'EAU MAXIMA CARACTERISTIQUES A MALANVILLE EN ANNEE HUMIDE (M+)	69
TABLEAU 28 : RESULTATS DE LA SIMULATION DE LA LIGNE D'EAU EN CRUE CENTENNALE DANS LA SITUATION ACTUELLE	77
TABLEAU 29 : RESULTATS DE LA SIMULATION DE LA LIGNE D'EAU EN CRUE CINQUANTENNALE DANS LA SITUATION ACTUELLE.....	79
TABLEAU 30 : RESULTATS DE LA SIMULATION DE LA LIGNE D'EAU EN CRUE VINGTENNALE DANS LA SITUATION ACTUELLE.....	81
TABLEAU 31 : RESULTATS DE LA SIMULATION DE LA LIGNE D'EAU EN CRUE CENTENNALE DU FLEUVE NIGER AVEC ENDIGUEMENT DE NOUVEAUX PERIMETRES	84
TABLEAU 32 : RESULTATS DE LA SIMULATION DE LA LIGNE D'EAU EN CRUE CINQUANTENNALE DU FLEUVE NIGER AVEC ENDIGUEMENT DE NOUVEAUX PERIMETRES	86
TABLEAU 33 : RESULTATS DE LA SIMULATION DE LA LIGNE D'EAU EN CRUE VINGTENNALE DU FLEUVE NIGER AVEC ENDIGUEMENT DE NOUVEAUX PERIMETRES	88
TABLEAU 34 : CALAGE ET DIMENSIONNEMENT DU CANAL PRIMAIRE CP1	90
TABLEAU 35 : CALAGE ET DIMENSIONNEMENT DU CANAL SECONDAIRE CS1.1	92
TABLEAU 36 : CALAGE ET DIMENSIONNEMENT DU CANAL PRIMAIRE CP2	94
TABLEAU 37 : CALAGE ET DIMENSIONNEMENT DU DRAIN PRINCIPAL DE KOULOU	98
TABLEAU 38 : CALAGE ET DIMENSIONNEMENT DU DRAIN SECONDAIRE DS1	100
TABLEAU 39 : CALAGE ET DIMENSIONNEMENT DU SOUS DRAIN SECONDAIRE DS2 S1D	102
TABLEAU 40 : CALAGE ET DIMENSIONNEMENT DU DRAIN SECONDAIRE DS2	104
TABLEAU 41 : CALAGE ET DIMENSIONNEMENT DU DRAIN SECONDAIRE DS3	106
TABLEAU 42 : CALAGE ET DIMENSIONNEMENT DU DRAIN SECONDAIRE DS4	108
TABLEAU 43 : COTES DE CALAGES DES PRISES TERTIAIRES SUR CP1	110
TABLEAU 44 : COTES DE CALAGES DES PRISES TERTIAIRES SUR CS1.1	111
TABLEAU 45 : COTES DE CALAGES DES PRISES TERTIAIRES SUR CP2	112
TABLEAU 46 : CALAGE ET DIMENSIONNEMENT DES DEVERSOIRS DE SECURITE SUR CP ET CS	113
TABLEAU 47 : CALAGE ET DIMENSIONNEMENT DES REGULATEURS DE TYPE « GIRAUDET » SUR CP.....	113
TABLEAU 48 : CONSOMMATION EN EAU DU RIZ HIVERNALE-IRRIGATION GRAVITAIRE	115
TABLEAU 49 : CONSOMMATION EN EAU DU RIZ EN SAISON SECHE - IRRIGATION GRAVITAIRE	116
TABLEAU 50 : VOLUME DE TERRASSEMENT DIGUE DE PROTECTION KOULOU	118
TABLEAU 51 : VOLUME DE TERRASSEMENT CANAUX ET DIGUES.....	125
TABLEAU 52 : VOLUME DE TERRASSEMENT DU DRAIN PRINCIPAL ET DRAINS SECONDAIRES.....	126

TABLEAU 53 : AVANT METRE UNITAIRE DES OUVRAGES	128
TABLEAU 54 : AVANT METRE GLOBAL DES OUVRAGES	129
TABLEAU 55 : DETAILS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT DE KOULOU 150 HA	131

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: LOCALISATION DE LA ZONE A AMENAGER (150 HA)	5
FIGURE 2 : MODELE NUMERIQUE DE TERRAIN (MNT) DU PERIMETRE DE KOULOU 150 HA	9
FIGURE 3 : CARTES MORPHO-PEDOLOGIQUE DES SOLS	12
FIGURE 4 : CARTES DES APTITUDES CULTURALES DES SOLS.....	13
FIGURE 5 : HYDROGRAMMES DU FLEUVE NIGER A NIAMEY ET MALANVILLE SUR LA PERIODE 1984-2014.....	16
FIGURE 6 : LOCALISATION DES DIFFERENTS ESSAIS AU PENETROMETRE DYNAMIQUE LEGER ET DES ZONES D'EMPRUNTS	26
FIGURE 7 : PLAN D'AMENAGEMENT CANAUX A CIEL OUVERT AVEC FOND TOPOGRAPHIQUE	46
FIGURE 8 : COMPARAISON LIGNE D'EAU CP1 ET CONTRAINTES HYDRAULIQUES CS ET CT	49
FIGURE 9: SCHEMA DU RESEAU PRIMAIRE ET SECONDAIRE D'IRRIGATION DE KOULOU	58
FIGURE 10 : SCHEMA DU RESEAU PRIMAIRE ET SECONDAIRE DE DRAINAGE DE KOULOU.....	61
FIGURE 11 : COMPARAISON LIGNE D'EAU EN CRUE CENTENNALE DANS LA SITUATION ACTUELLE ET COTE DIGUE APD OU EXISTANTE .	71
FIGURE 12 : COMPARAISON LIGNE D'EAU EN CRUE CINQUANTENNALE DANS LA SITUATION ACTUELLE ET COTE DIGUE APD OU EXISTANTE	72
FIGURE 13 : COMPARAISON LIGNE D'EAU EN SITUATION ACTUELLE ET LIGNE D'EAU AVEC ENDIGUEMENT DU FLEUVE NIGER	73
FIGURE 14 : COMPARAISON LIGNE D'EAU EN CRUE CENTENNALE DU FLEUVE AVEC ENDIGUEMENT DE NOUVEAUX PERIMETRES ET COTE DIGUE APD OU EXISTANTE	74
FIGURE 15 : COMPARAISON LIGNE D'EAU EN CRUE CENTENNALE DANS LA SITUATION ACTUELLE ET COTE DIGUE APD OU EXISTANTE .	76
FIGURE 16 : COMPARAISON LIGNE D'EAU EN CRUE CINQUANTENNALE DANS LA SITUATION ACTUELLE ET COTE DIGUE APD OU EXISTANTE	78
FIGURE 17 : COMPARAISON LIGNE D'EAU EN CRUE VINGTENNALE DANS LA SITUATION ACTUELLE ET COTE DIGUE APD OU EXISTANTE	80
FIGURE 18 : COMPARAISON LIGNE D'EAU EN CRUE CENTENNALE DU FLEUVE AVEC ENDIGUEMENT DE NOUVEAUX PERIMETRES ET COTE DIGUE APD OU EXISTANTE.....	83
FIGURE 19 : COMPARAISON LIGNE D'EAU EN CRUE CINQUANTENNALE DU FLEUVE AVEC ENDIGUEMENT DE NOUVEAUX PERIMETRES ET COTE DIGUE APD OU EXISTANTE	85
FIGURE 20 : COMPARAISON LIGNE D'EAU EN CRUE VINGTENNALE DU FLEUVE AVEC ENDIGUEMENT DE NOUVEAUX PERIMETRES ET COTE DIGUE APD OU EXISTANTE.....	87
FIGURE 21 : COMPARAISON LE CANAL PRINCIPAL CP1 ET CONTRAINTES HYDRAULIQUES DES CANAUX SECONDAIRES ET TERTIAIRES..	91
FIGURE 22 : COMPARAISON LE CANAL SECONDAIRE CS1.1 ET CONTRAINTES HYDRAULIQUES DES CANAUX TERTIAIRES.....	93
FIGURE 23 : COMPARAISON LE CANAL PRINCIPAL CP2 ET CONTRAINTES HYDRAULIQUES DES CANAUX TERTIAIRES	95
FIGURE 24 : EVOLUTION COTE FOND DEBOUCHE DRAINS TERTIAIRES, SECONDAIRES ET COTE FOND DRAIN PRINCIPAL DE KOULOU	97
FIGURE 25 : EVOLUTION COTE FOND DEBOUCHE DRAINS TERTIAIRES ET COTE FOND DRAIN SECONDAIRE DS1	99
FIGURE 26 : EVOLUTION COTE FOND DEBOUCHE DRAINS TERTIAIRES ET COTE FOND SOUS DRAIN SECONDAIRE DS2 S1D`	101
FIGURE 27 : EVOLUTION COTE FOND DEBOUCHE DRAINS TERTIAIRES ET COTE FOND DRAIN SECONDAIRE DS2`	103
FIGURE 28 : EVOLUTION COTE FOND DEBOUCHE DRAINS TERTIAIRES ET COTE FOND DRAIN SECONDAIRE DS3`	105
FIGURE 29 : EVOLUTION COTE FOND DEBOUCHE DRAINS TERTIAIRES ET COTE FOND DRAIN SECONDAIRE DS4`	107

SIGLES ET ABREVIATIONS

ABN	Autorité du Bassin du Niger
AHA	Aménagement Hydro-Agricole
APD	Avant Projet Détaillé
APS	Avant Projet Sommaire
CAO	Conception Assistée à l'Ordinateur
CP	Canal Primaire
DAO	Dessin Assisté à l'Ordinateur
EIES	Etude d'Impact Environnemental et Social
FAO	Food and Agriculture Organisation
GPS	Global Positioning System
HMT	Hauteur Manométrique Totale
LE	Ligne d'Eau
MNT	Modèle Numérique de Terrain
ONG	Organisation Non Gouvernementale
PAR	Plan d'Action de Réinstallation
PEHD	Polyéthylène Haute Densité
PVC	PolyVinyl Chloride ou polychlorure de vinyle
RD	Rive Droite
RG	Rive Gauche
RN	Route Nationale
TN	Terrain Naturel
UPA	Unités de Production Agricoles
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS 84	World Geodetic System revision de 1984
°C	Degré Celsius

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte et justification des études

Le Niger est un pays à vocation essentiellement agro-sylvo-pastorale. Ainsi, le secteur primaire représente la principale source d'activité économique du pays, ils occupent plus de 80 % de la population active. La contribution du secteur primaire à l'économie nationale est estimée¹ en moyenne à 42,30% du PIB en 2014. Sur la période 2011-2015, les valeurs ajoutées de ces secteurs ont progressé² en moyenne de 11,9% pour l'agriculture, 3,60% pour l'élevage, 2,90% pour le secteur forestier et 3,10% pour la pêche. Cette prééminence du secteur rural résulte de son importance dans l'économie nationale. Selon les données de la Banque Mondiale, en 2012, sur les 17 millions d'habitants que compte le pays, 83 % sont des ruraux, avec comme activités principales l'agriculture, l'élevage et l'exploitation des forêts.

Cependant ces secteurs connaissent une forte dépendance vis-à-vis des facteurs climatiques ; les aléas climatiques influencent négativement la production agricole, ce qui a limité la croissance économique et affecté sa durabilité. En effet, la croissance dans le secteur de l'agriculture est freinée par plusieurs facteurs limitant dont notamment l'eau, résultant en particulier des effets combinés des systèmes de production extensifs dans un environnement physique peu favorable, d'une démographie galopante, et de facteurs économiques dont la détérioration des termes de l'échange en est un élément important. La dégradation des terres et la désertification accentuent la pauvreté, la migration des populations et l'insécurité alimentaire, dégénéralant en conflits divers.

Les secteurs agro-sylvo-pastoraux sont handicapés par la baisse de la productivité des écosystèmes agricoles, pastoraux, forestiers, fauniques et halieutiques, due à la faible maîtrise de l'eau, à la faible organisation des producteurs, au faible accès aux équipements et intrants et à la baisse des fertilités des sols. La baisse de la fertilité des sols est induite par leur surexploitation, l'érosion, les pratiques culturales inappropriées et la faible utilisation des intrants. La mobilisation et la gestion des eaux restent faibles, comme en témoigne le non respect du calendrier d'irrigation par les exploitants sur les Aménagements Hydro-Agricoles (AHA). A cela s'ajoutent les difficultés liées à l'insuffisance de l'appui-conseil aux producteurs, la mauvaise gouvernance des organisations de producteurs et la persistance des conflits fonciers, la faible structuration des circuits de commercialisation, l'insuffisance des structures de stockage et la faible capacité de transformation des produits agricoles.

Le potentiel de terres irrigables identifié au Niger est estimé à environ 270 000 ha, avec plus de 122 000 ha se trouvant dans la vallée du fleuve dont la mise sous irrigation est conditionnée par la construction d'un ouvrage de retenue sur ce cours d'eau. Ainsi, l'intensification de la mise en valeur du grand potentiel en terres irrigables de la vallée du Niger (122 000 ha) est fortement

¹ Source : Bilan 2011 – 2015 de la mise en œuvre de l'Initiative « 3N », page 46.

² Source : Bilan 2011 – 2015 de la mise en œuvre de l'Initiative « 3N », page 46.

liée à une régularisation du débit du fleuve dont la baisse du niveau entraînera des surcoûts de pompage et l'ensablement avec diverses nuisances.

En raison d'un environnement physique et socio-économique défavorable qui a une très forte répercussion sur les conditions de vie et de vulnérabilité des populations, la diminution de la vulnérabilité, l'insécurité alimentaire représente un des principaux enjeux de la République du Niger. C'est pourquoi, le Ministère nigérien de l'agriculture souhaite élaborer un schéma d'aménagement des terres, obtenir un outil de planification, de gestion et de maîtrise des ressources en eau, pour sécuriser les productions agricoles et animales. Cet outil devra définir les grandes orientations d'un développement intégré à long terme et servir de cadre de référence pour la programmation des futurs investissements dans la zone du projet, qui totalise près de 20 000 ha de terres irrigables non encore exploitées. La zone d'étude (Tanda, Sia et Koulou) disposant d'un important potentiel en terres irrigables dans les cuvettes et les terrasses le long du fleuve Niger.

Aussi la présente étude a pour objet l'élaboration des dossiers APS/APD/DAO/EIES de 150 ha à Koulou qui est une partie intégrante des mêmes cuvettes et terrasses de Tanda à Koulou.

Le rapport schéma d'aménagement des cuvettes et terrasses le long du fleuve Niger sur environ 40 km de Koulou à Tanda a fait l'objet d'un document séparé.

1.2. Déroulement des études APD

La présente phase 2 (APD) est établie sur la base de la variante de l'étude APS choisie par le Maître d'Ouvrage à savoir la variante 1 : aménagement canaux à ciel ouvert. Des études complémentaires ont été réalisées durant cette seconde phase à savoir des études:

- Topographiques,
- Pédologiques ;
- Géotechniques ;
- Et d'Impact Environnemental et Social (EIES).

1.3. Structure du rapport

La présente étude traite de l'étude APD de l'aménagement de 150 ha de Koulou. Elle présente successivement:

- La présentation de la zone d'étude ;
- La synthèse des études sectorielles ;
- L'étude d'aménagement;
- Le calage et dimensionnement des ouvrages et de la station de pompage;
- La description des travaux d'aménagement;
- Le devis quantitatif et estimatif des travaux.

Rappelons que le présent rapport principal est accompagné d'un dossier de cartes et plans et des rapports suivants :

- Rapport étude agronomique ;
- Rapport étude pédologique;
- Rapport étude géotechnique;
- Rapport d'Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES) ;
- Et le rapport de l'étude du Plan d'Action de Réinstallation (PAR).

2. PRESENTATION DE L'ETUDE

2.1. Objectifs de l'étude APD de 150 ha de la cuvette de Koulou

Les objectifs de l'étude APD sont :

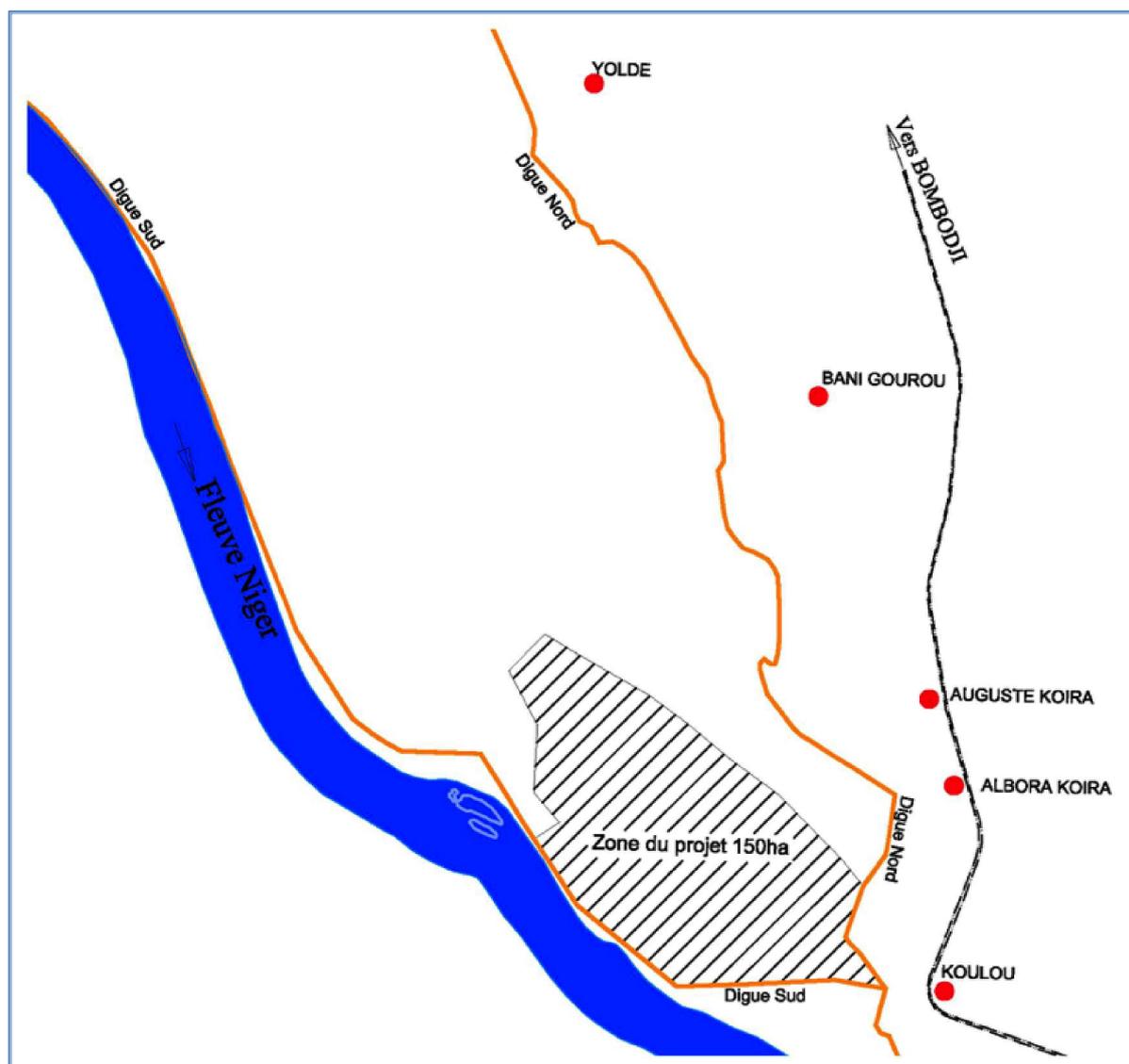
- Réaliser des investigations techniques plus détaillées (notamment au niveau des études topographiques, pédologiques et géotechniques);
- Mener une étude d'aménagement plus détaillée (calage et dimensionnement précis des ouvrages linéaires et ponctuels);
- Fournir une description détaillée des travaux à réaliser ;

Etablir un devis estimatif précis des travaux à réaliser

2.2. Situation géographique du projet

La cuvette de Koulou se trouve dans la commune rurale de Sambéra, elle-même dans le département de Dosso. Elle est située sur la rive gauche du fleuve Niger à environ 50 km en amont de la ville de Gaya. On accède au village de Koulou par la piste Gaya- Tanda – Sia – Ouana – Koulou. On peut aussi accéder à Koulou à partir de Sambéra situé sur la RN 35. La localisation de la zone du projet est fournie sur la Figure 1 ci-après.

Figure 1: Localisation de la zone à aménager (150 ha)



2.3. Organisation traditionnelle et coutumière

Dans la région de Dosso comme partout au Niger, la chefferie traditionnelle, depuis son institutionnalisation pendant la période coloniale, a connu plusieurs transformations tant du point de vue du nombre, de la limite territoriale que du statut.

En 2014, la région comptait un (1) sultanat, quinze (15) cantons, trois (3) groupements. L'autorité traditionnelle dans la zone du projet est assurée par le Sultan de Dosso en ce qui concerne la commune de Sambéra, le Chef de Canton de Gaya en ce qui concerne la commune de Tanda et le Chef de Canton de Boboye en ce qui concerne la commune de Falmey.

L'Ordonnance n°93-028 du 30 mars 1993, portant statut de la chefferie traditionnelle du Niger précise le positionnement administratif de l'institution dans le nouveau contexte politique né de la démocratisation, donne un contenu à la notion de communautés coutumières, définit son rôle économique et de développement.

De par les rôles qui leur sont dévolus, les institutions coutumières constituent l'un des principaux partenaires du développement économique, social et culturel du pays en général et de leurs circonscriptions respectives en particulier. Cependant à l'instar des institutions administratives, les institutions traditionnelles n'ont pas toujours les moyens de leur politique.

2.4. Données naturelles et physiques de la zone

2.4.1. Climat et pluviométrie

Le climat dans la région de Dosso est du type soudano-sahélien. La zone du projet, constituée par les communes de Tanda (département de Gaya) et de Sambéra département, de Dosso) est essentiellement soudanien. Les terrasses et cuvettes entre Tanda et Koulou connaissent une pluviométrie comprise entre 600 mm et 850 mm.

Sur la ville de Gaya (20 km plus au sud), la pluviométrie présente une série homogène avec une moyenne de 806,92 mm de pluie et il y apparaît une tendance des pluies légèrement en hausse à la station de Gaya sur la période (1961 – 2012). Cela indique une reprise relative de la pluviométrie à partir des années 2000, accompagnée d'une forte variabilité interannuelle. Cette reprise est confirmée sur les cinq dernières années dont les moyennes enregistrées à Sambéra (852 mm) et à Tanda (813,3 mm) sont supérieures à la moyenne enregistrée à la station de Gaya pendant la période 1961 – 2012. Cette reprise est encore très fragile au regard des effets néfastes des changements climatiques sur le sahel en général et la zone du projet en particulier.

2.4.2. Température

La moyenne des températures minimales et maximales sont respectivement de 19°C (en décembre – janvier et en août) et 40°C en mai. Une rupture à la hausse des températures moyennes max et min est observée à Gaya sur la période (1971 – 2012). Cette hausse atteint 0,8°C depuis 1995 pour se maintenir avec une moyenne de 35,89°C. Pour les minima, une rupture à la hausse de 0,70°C est observée, avec une moyenne annuelle d'environ 21,9°C.

La tendance générale de la température est donc fortement à la hausse sur la période 1971 – 2012. En effet, de 1971 à 1980, la température maximale a connu une période moins chaude de 10 ans. A partir de 1980, a suivi une période caractérisée par une variabilité interannuelle entre années caniculaires et années moins chaude. Depuis 1994, on enregistre successivement des années très chaudes à la station de Gaya.

2.4.3. Vents

Les vents sont fréquents et presque constants, les jours sans vent sont relativement peu nombreux. Dans cette zone, il y a deux vents dominants : l'harmattan, vent continental de Nord-Est chaud et sec, souvent chargé de sable, souffle pendant la saison sèche ; la mousson, vent de Sud-Ouest, maritime et humide souffle pendant la saison des pluies, apportant la pluie. Ces 2 vents se trouvent être séparés par le FIT (Front Intertropical), dont les mouvements régissent le climat de la zone.

2.4.4. Humidité relative

L'humidité relative de l'atmosphère est minimum en Mars et maximum en Aout, mais la présence du fleuve peut créer des conditions microclimatiques variables dans les cuvettes inondées.

2.4.5. Evapotranspiration

L'évapotranspiration mensuelle est relativement importante : la moyenne avoisine 1645 mm/an environ avec un minimum en aout (102 mm/mois) et deux maxima en mars (161 mm/mois) et en octobre (152 mm/mois), soit plus de deux fois supérieure aux précipitations.

2.4.6. Pédologie

Sous l'action de l'eau et de la température la zone du projet est caractérisée par les sols suivants.

Les sols de plateaux : Ils sont constitués de minces couches fertiles et sableuses reposant sur des grès ferrugineo-sableux du continental terminal. Ces sols sont de plus en plus exploités mais ils ne supportent pas d'être cultivés en permanence sans une amélioration des techniques culturales (faibles capacités de rétention en eau et d'échanges cationique).

Les sols des vallées du fleuve : Ces sols sont plus ou moins lourds, riches en argile, en limon et en matières organiques avec une bonne valeur agronomique. Ils couvrent une grande partie de la zone des cuvettes et terrasses de Tanda à Koulou.

Les sols sableux des dallols : Ils sont principalement d'origine alluviale et présentent une faible capacité d'échanges cationiques en raison de leur faible teneur en argile et en limon (moins de 10%). Ils sont généralement surexploités et rendus peu riches en éléments nutritifs (azote, phosphore, oligo-éléments, etc.). Ici le phénomène préoccupant est l'érosion hydrique se manifestant sur des sols fragiles. Ils sont très lessivés et de faible valeur agronomique. Notons du fait que les dallols occupent une partie infime de la zone du projet, ces sols y sont peu représentés.

Les sols des terrasses : Ils se rencontrent au pied des escarpements des plateaux : Ils sont de faible valeur agronomique et généralement surexploités à des fins agricoles tout en étant menacés par l'érosion hydrique.

Les sols hydro morphes :

Ils se rencontrent dans les zones régulièrement inondées de la vallée du fleuve. Ils sont très riches en matières organiques et sont généralement de bonne qualité agronomique. Toutefois des carences en oligo-éléments (surtout le magnésium) sont signalées en cas de mise en valeur permanente. En général, ce sont des sols surexploités et on observe une nette tendance à la baisse des rendements et une certaine salinité par endroits formant des croûtes à la surface.

3. SYNTHÈSE DES ÉTUDES SECTORIELLES

3.1. Étude topographique

Les travaux topographiques de la cuvette de Koulou ont concerné une zone couvrant près de 3500 ha. Au niveau de cette cuvette de Koulou, les levés ont été réalisés suivant un quadrillage où l'espacement moyen des points est de 500m x 50m avec un levé détaillé des points singuliers et ouvrages physiques existants (mares, pistes, sentiers, talwegs, zones boisées, constructions, prises d'eau, etc. ..). Une superficie totale de 300ha a été levée dans la zone du périmètre de Koulou avec une densité de points importante. Cette zone de Koulou à aménager en maîtrise totale a fait l'objet d'un levé topographique suivant un quadrillage de 50m x 50m.

L'étude topographique de la cuvette de Koulou a été réalisée suivant des méthodes modernes où les points sont enregistrés directement en XYZC dont C désigne le code affecté suivant la nature du point (point coté, arbres, puits etc.) dans un carnet de terrain (data collector).

Trois systèmes GPS différentiels Ashtech ont été employés avec six brigades topographiques afin de réaliser les levés topographiques à l'échelle 1/20.000^e pour l'étude schéma d'aménagement de la cuvette de Koulou et 1/2000^e pour l'étude APD de 150 ha à Koulou. Ces levés ont été effectués suivant les normes de précision de +/- 1 cm en mesure planimétrique et +/- 2 cm en mesure altimétrique.

La topographie de la cuvette de Koulou est constituée des plaines et quelques dépressions dues à la nature du terrain. Les levés ont été rattachés aux coordonnées UTM/WGS84 et l'altitude des bornes a été rattachée au nivellement Général du Niger.

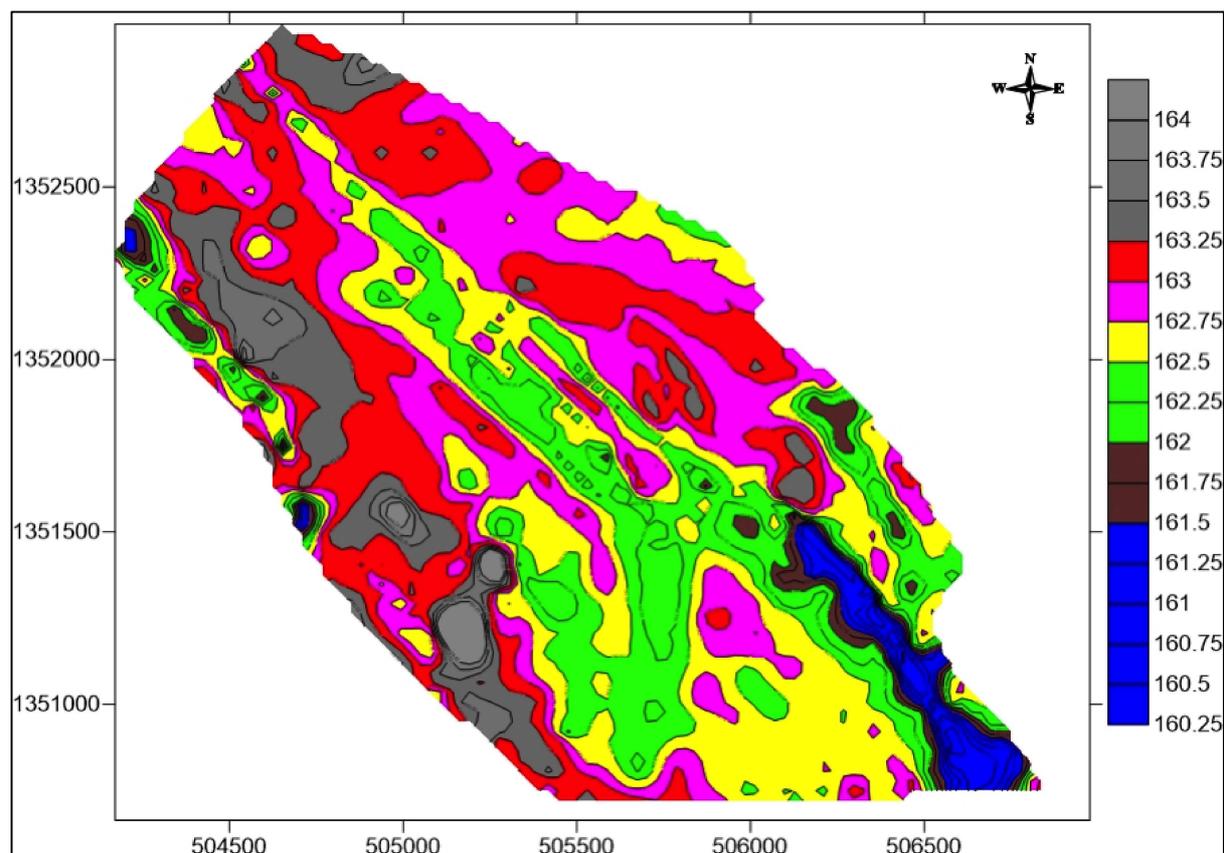
Les données ont été traitées et analysées avec les différents logiciels, ce qui a permis d'établir un plan topographique avec courbes de niveau à tous les 0.25 m. Un modèle numérique de terrain (MNT) précis a été réalisé avec le logiciel Surfer 10 pour apprécier rapidement le relief du terrain des 150 ha du périmètre de Koulou (Cf. Figure 2). Les coordonnées (X, Y) et l'altitude (Z) des différentes bornes implantées et retrouvées sur le terrain sont consignées au Tableau 1 suivant.

Tableau 1 : Coordonnées et altitudes des bornes implantées dans la cuvette de Koulou

Bornes implantées et retrouvées					
Zone	Description	X	Y	Z	Fuseau
Bornes implantées	SB1	502407,682	1356863,760	163,997	31P
	SB2	506798,288	1350157,663	165,720	31P
	SB3	509280,604	1346912,153	163,754	31P
	SB4	506096,495	1351403,136	162,419	31P
	SB5	506103,811	1351090,088	163,058	31P
	SB6	505187,958	1351002,346	164,126	31P
	SB7	506976,137	1350664,997	164,947	31P
	SB8	506820,104	1350268,434	162,895	31P
	SB9	506816,605	1350254,032	163,123	31P
	SB10	516899,027	1345194,678	166,421	31P
	SB11	503190,772	1352848,650	164,137	31P

Bornes implantées et retrouvées					
Zone	Description	X	Y	Z	Fuseau
	SB12	504815,132	1351325,111	163,682	31P
	SB13	507042,187	1352514,454	164,415	31P
	SB14	493598,182	1362744,434	164,918	31P
Terrasse Koulou	BK1	493 598,18	1 362 74,430	164,918	31P
	BK2	498 097,04	1 361 602,710	166,994	31P
	BK3	500 923,07	1 358 602,100	163,605	31P

Figure 2 : Modèle Numérique de Terrain (MNT) du périmètre de Koulou 150 ha



3.2. Etude Pédologique

3.2.1. Objectifs

L'étude pédologique a pour but :

- l'analyse des données documentaires disponibles sur la zone d'étude ;
- la réalisation de la carte des types des sols du périmètre irrigué de Koulou ;
- l'évaluation des aptitudes culturales des sols et la production de cartes thématiques d'aptitudes des sols ;
- la production d'un rapport d'étude présentant et commentant les sols et les cartes.

3.2.2. Méthodologie de l'étude

Tous les documents cartographiques en notre disposition ont été scannés, géo-référencés et numérisés sous MapInfo. Notre étude se réfère aux études antérieures³ particulièrement à l'étude d'Agrotechnik réalisée en juillet 1992 au 1/5.000è. En plus, un support d'images Google a été constitué. Suite à l'analyse et à l'interprétation de cette composition d'images, des unités cartographiques homogènes ont été dégagées dans la surface d'étude, dont les extensions le plus souvent ne coïncident pas à celles de l'étude d'Agrotechnik. Tout de même, l'analyse et la synthèse des descriptions de terrain de cette étude auront permis de dégager les principaux types de sols.

3.2.3. Résultats

Dans toute la cuvette, dans ses parties dépressionnaires et dans les chenaux qui la parcourent et dans les petites levées, la pédogénèse est conditionnée par l'excès d'eau en raison d'un engorgement temporaire ou permanent de la totalité du profil. Les principaux sols sont soit des sols peu évolués non climatiques d'apport alluvial soit des sols hydro morphes minéraux à gley ou à pseudogley selon la classification française des sols (CPCS⁴, 1967. Les principaux types identifiés sont indiqués dans le tableau 2 ci-dessous.

Tout le long des profils des sols, on observe des taches de rouilles (couleurs d'après MUNSELL 7,5YR 4/3, 4/4). Cependant la couleur dominante se situe dans le gris foncé à noir (10YR 2/1, 3/1 ; 7,5YR 2/0, 3/0), qui aurait permis de penser à une teneur élevée en matière organique. Mais, ce caractère montre, plutôt, que les sols sont fortement exposés aux inondations (réduction et mobilisation du fer) et aux périodes sèches (oxydation et cristallisation du fer). Sur la base de ce facteur dominant, on peut classer la plupart de ces sols étudiés comme gley.

La cuvette est essentiellement constituée de dépôts alluviaux. La texture de ces dépôts est très hétérogène. On trouve des sols profondément sableux, limoneux et argileux. Très souvent une couche argileuse ou limoneuse d'épaisseur variant entre 20 cm et 60 cm couvre une couche de sable pur. Les sols argileux et limoneux de la cuvette sont généralement bien structurés. On y trouve en surface une structure grumeleuse plus ou moins fine ou une structure polyédrique subangulaire ou angulaire. Dans les horizons sous-jacents argileux et limoneux la structure est en général en colonne ou prismatique. Les horizons inférieurs généralement sableux élémentaires sont massifs et compacts.

Tableau 2 : Principaux type de sols identifiés

Sols		Position géomorphologique	Superficie,		Symbole cartographique
Types	Groupes		Ha	%	
Argile sur soubassement sableux à 100 cm	Sols hydro morphes minéral à gley	Cuvette alluviale	83,0	25.0	ChyG-a/10s
Limon argileux en surface et argile en dessous sur soubassement de sable à 80 cm			8,1	2.0	ChyG-la/a/7s
Limon argileux en surface et argile en dessous sur soubassement de sable à 60 cm			71,4	21.0	ChyG-la/a/5s

³ Etude de la cuvette de Koulou réalisée par Agrotechnik en juillet 1992 : rapport et carte géomorphologique et carte d'aptitude culturale des sols au 1/5.000è.

⁴ Commission pour la Classification des Sols

Sols		Position géomorphologique	Superficie,		Symbole cartographique
Types	Groupes		Ha	%	
limon argileux en surface et argile en dessous sur soubassement de sable à 40 cm			17,4	5.0	ChyG-la/a/3s
Limon argileux en surface sur soubassement de sable grossier à 30 - 40 cm			24,8	7.5	ChyG-la/3-4sl
Limon argileux en surface sur soubassement de sable grossier à moins de 20 cm			3,8	1.2	ChyG-la/sl
Limon argilo-sableux en surface et limon argileux en dessous sur soubassement de sable à plus de 120 cm			29,8	8.9	LhyG-las/la
Limon argileux en surface à soubassement sableux à moins de 30 cm					
Limon argileux à soubassement sableux à plus de 50 cm	Sols peu évolués d'apport alluvial à pseudogley	Petite Levée alluviale (burrelet)	18,8	5.6	Lhyg-la/5s
Limon sableux à soubassement sableux à moins de 20 cm			51,5	15.5	Lhyg-ls/s
TOTAL			322,5		

C'est surtout l'épaisseur des couches superficielles argileuses ou limoneuses qui conditionne l'aptitude des sols à l'irrigation. En général, les caractéristiques des sols argileux peuvent être:

- une texture limono-argileuse ou argileuse dominante de l'horizon de surface, qui conditionne bon nombre de propriétés physico-chimiques;
- une acidité forte à très forte;
- une teneur en matière organique moyenne à forte;
- une capacité d'échange moyenne à forte;
- des teneurs en azote, en phosphore et en potassium faibles à très faibles.

Les résultats de la classification de l'aptitude des terres à l'irrigation sont donnés dans le Tableau 3 suivant :

Tableau 3 : Classification de l'aptitude des terres à l'irrigation

Classe d'aptitude	Sous-Classe d'aptitude	Superficie, Ha	Type d'utilisation
Sols à aptitude élevée pour le riz.	1R	233,2	Riziculture, culture fourragère, Réservées à la riziculture uniquement
Sols à aptitude modérée pour le riz.	2R	6,2	
Sols à aptitude faible pour la polyculture.	3s	32,6	Polyculture céréalière, maraichère, culture fourragère.
Sols inaptes aux cultures irriguées.	6s	51,5	Reboisement, zones réservées.
TOTAL		323,5	

Les cartes morpho-pédologique (unités de sols) et des aptitudes culturales données respectivement sur la figure 3 et 4.

Figure 3 : Cartes morpho-pédologique des sols

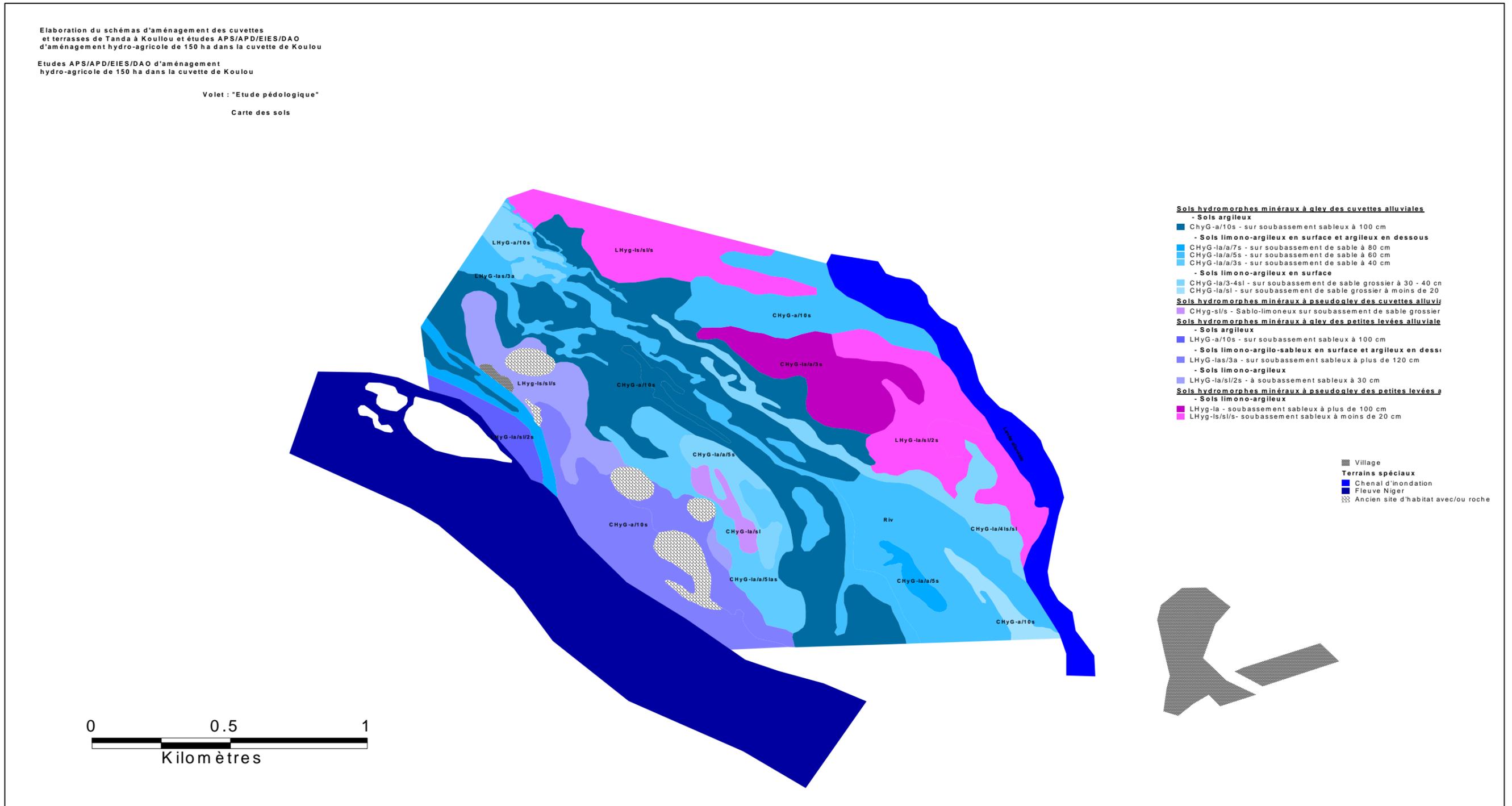
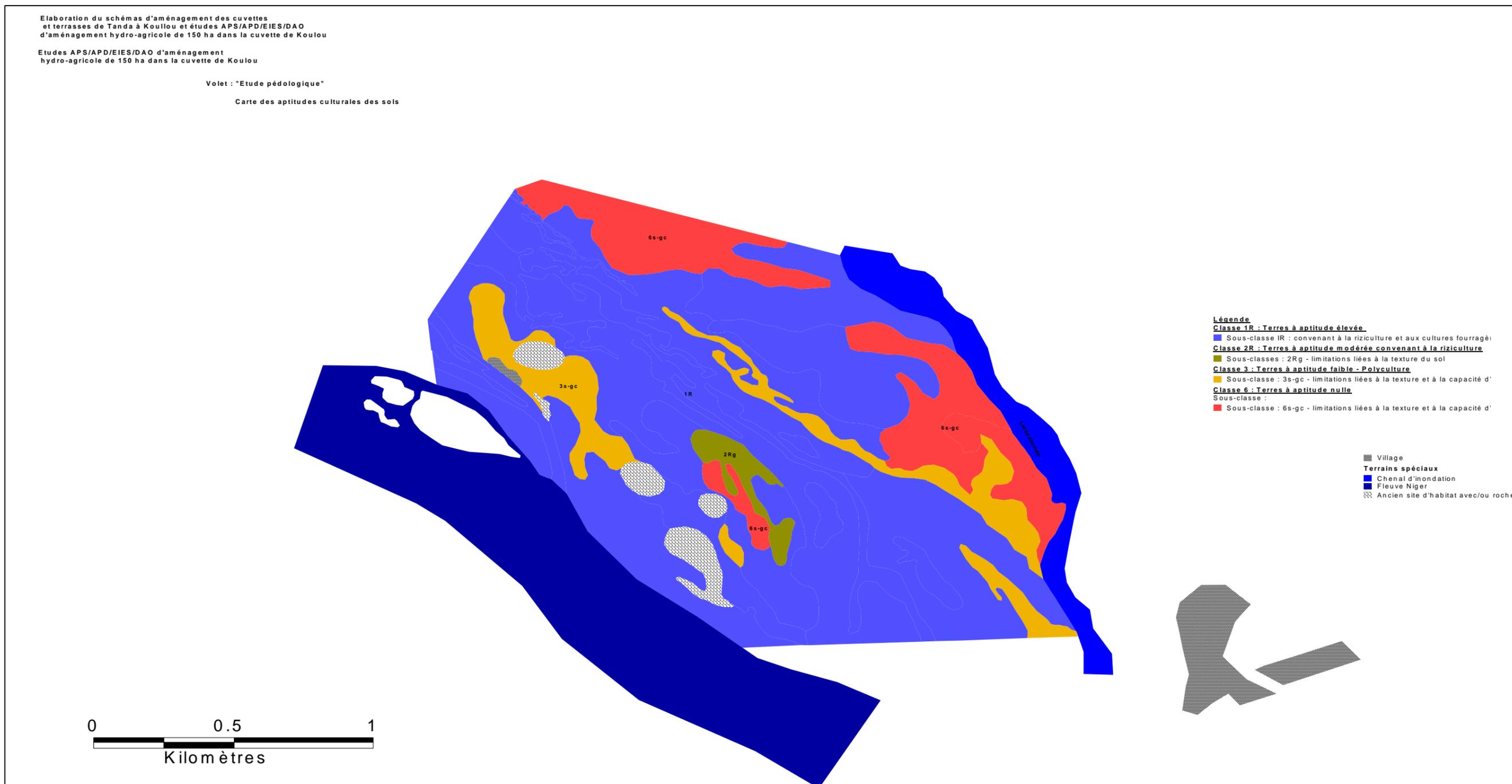


Figure 4 : Cartes des aptitudes culturales des sols



3.3. Étude hydrologique

3.3.1. Evaluation des ressources en eau du fleuve

Le régime du fleuve Niger à Niamey est caractérisé par deux périodes principales de hautes eaux (périodes de crue). La première, dite crue locale, intervient en général pendant les mois d'août et de septembre. La seconde, généralement plus importante que la précédente, est appelée crue guinéenne ou malienne et se produit généralement au cours de la période novembre-décembre et janvier.

La crue dite locale résulte principalement des apports des principaux affluents de la rive droite en amont de Niamey (Gorouol, Dargol, Sirba), engendrée par des pluies locales. Elle se caractérise de ce fait par une évolution en dents de scie, au gré des précipitations.

La crue guinéenne (ou malienne) quant à elle, est marquée par l'arrivée des eaux provenant du bassin supérieur du fleuve (eaux de la Guinée et du Mali).

L'évaluation des ressources en eau pour couvrir les besoins du projet sans influence du barrage de Kandadji et de tous les autres projets de barrages en amont (c'est à dire Fomi en Guinée et Taoussa au Mali) va se faire en deux (2) étapes :

- L'évaluation actuelle des ressources en eau à partir de l'hydrogramme moyen annuel ;
- L'évaluation actuelle des ressources en eau pendant la période d'étiage.

a. Ressources en eau à partir de l'hydrogramme moyen annuel

L'évaluation de la disponibilité des ressources en eau se fera au niveau des stations hydrométriques de Niamey et Malanville au Bénin. Il faut noter que la station de Malanville et des les stations des affluents de la rive droite du fleuve comportent des lacunes très importantes de la station de Malanville et des stations sur les affluents de la rive droite du fleuve.

Ainsi, pour atteindre les résultats, la démarche suivante a été adoptée :

- Comblement de la série des débits moyens mensuels 1985 à 2014 de Malanville qui comporte beaucoup de lacunes ;
- Calculs des modules de Malanville ;
- Détermination des débits caractéristiques du fleuve à Malanville.

b. Calcul des modules de Malanville 1984 à 2014

Le module d'un cours d'eau à une station est le débit moyen annuel (m³/s) écoulé à cette station. On l'obtient en faisant la moyenne des débits moyens mensuels de la station pour l'année considérée.

Ainsi, il a été calculé les débits moyens mensuels de Malanville à partir de la série comblée de 1984-2014. Le répertoire de ces débits moyens mensuels et moyens annuels est consigné dans les tableaux ci-dessous ainsi que l'hydrogramme de crue sur la figure ci-après.

Tableau 4 : Modules de la station de Malanville de 1985 à 2014 (m3/s)

Années	Module Malanville (m3/s)	Années	Module Malanville (m3/s)	Années	Module Malanville (m3/s)
1984	465	1995	948	2006	607
1985	593	1996	769	2007	941
1986	558	1997	675	2008	917
1987	487	1998	804	2009	805
1988	727	1999	842	2010	1029
1989	597	2000	907	2011	905
1990	560	2001	859	2012	945
1991	600	2002	771	2013	1030
1992	598	2003	878	2014	786
1993	525	2004	851		
1994	755	2005	516		

Source : Base de données ABN et débits reconstitués pour Malanville

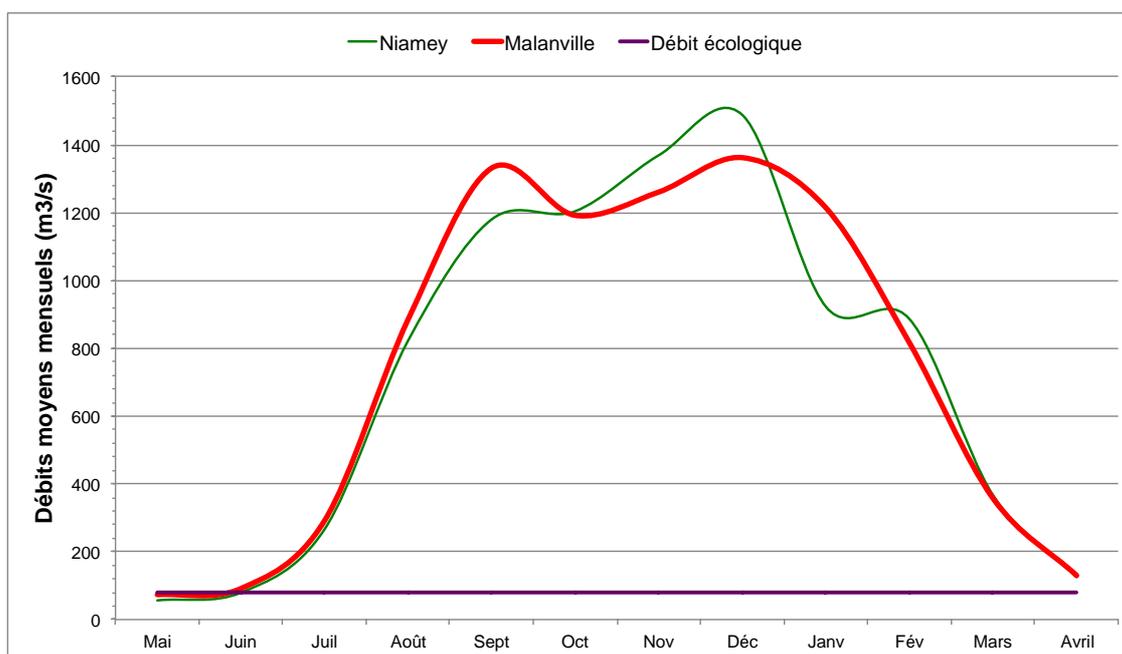
L'examen du tableau 5 et de la figure 5 ci-après montre qu'en année moyenne, il est possible de faire des prélèvements tout au long du fleuve Niger de Niamey à Malanville tout en préservant les 80 m3/s nécessaires pour le fleuve à son entrée au Nigéria, sauf aux mois de mai à Malanville et mai-juin pour Niamey.

Tableau 5 : Débits moyens mensuels (m3/s) période 1984-2014 aux principales stations sur le fleuve au Niger

Mois	Niamey	Malanville
Mai	57,98	72,02
Juin	79,12	91,01
Juillet	265,21	290,44
Août	820,91	882,77
Septembre	1 179,74	1 331,08
Octobre	1 203,68	1 192,20
Novembre	1 368,62	1 260,32
Décembre	1 488,71	1 361,77
Janvier	922,26	1 214,11
Février	887,15	816,74
Mars	366,82	357,95
Avril	124,65	129,49
Moyenne	730,40	749,99

Source : Base de données ABN et débits reconstitués pour Malanville

Figure 5 : Hydrogrammes du fleuve Niger à Niamey et Malanville sur la période 1984-2014



Source : Traitement des données ABN - BETICO/EMERGENCE/BSI

c. Evaluation des ressources en eau pendant la période d'étiage à Malanville

Pour l'évaluation des ressources en eau du fleuve pour l'irrigation, une importance capitale doit être accordée à la période d'étiage. Il faut noter que cette période est la plus difficile en termes de disponibilité des ressources en eau surtout dans des conditions de double culture du riz (pratique actuelle sur les périmètres Publics au Niger).

L'examen de la série des débits minimaux de la base ABN comporte de graves erreurs. En effet les débits minimaux des années 1995 à 2002, et les années 2004, 2009 et 2010 ne sont pas représentatifs des écoulements du cours d'eau. C'est pourquoi une analyse critique est faite à cet effet et toutes ces valeurs non représentatives ont été écartées de la série statistique.

La série des débits minimaux disponibles retenue est un échantillon de 20 valeurs entre 1985 et 2014 conformément aux tableaux ci-dessous.

Tableau 6 : Échantillon des débits minimaux du Niger à Malanville de 1985 à 2014 (m³/s)

Années	Qmin (m³/s)	Années	Qmin (m³/s)
1985	1,33	1996	12
1986	5,52	1997	66,7
1987	9,00	1998	3,79
1988	4,06	1999	3,54
1989	8,34	2000	44,8
1990	3,28	2001	25

Années	Qmin (m3/s)	Années	Qmin (m3/s)
1991	14,8	2002	70
1992	20,5	2003	22
1993	6,16	2004	18
1994	13,4	2005	58

La série présente un meilleur ajustement avec la loi de GOODRICH. Le logiciel Hydraccess a été utilisé pour cet ajustement de la série.

Tableau 7 : Débits minima caractéristiques à Malanville (m3/s)

Année	Période de retour (ans)					
	2	5	10	20	50	100
Sèches	13,3	5,35	3,79	3,19	2,91	2,83
Humides	13,3	32,8	49,6	67,7	93,3	114

L'analyse du Tableau (débit minima - période d'étiage) montre qu'en année humide et sèche, les débits du fleuve Niger à Malanville sont inférieurs à 120 m3/s quel que soit la période de retour.

d. Evaluation des ressources en eau pendant la période de crue à Malanville

La série des débits maximaux disponible est un échantillon de 25 valeurs entre 1985 et 2014. On note des données manquantes sur 5 ans (1998, 1999, 2000, 2001 et 2010).

Pour combler ces données manquantes, il a été établi une bonne corrélation entre les débits maximaux de Malanville et de Niamey à partir de la relation suivante :

$$Q_{max_{Malanville}} = 0,0003(Q_{max_{Niamey}})^2 - 0,0405 Q_{max_{Niamey}} + 893,04$$

Le coefficient de corrélation est $R = 0,6438$.

Avec un échantillon compris entre 20 et 40, ce coefficient doit être compris entre 0,50 et 0,70 pour que la corrélation soit jugée bonne, ce qui est le cas. Sur la base de l'équation ci-dessus, les données manquantes des 05 années ont été reconstituées.

La nouvelle série de données disponibles est résumée dans le Tableau 8 ci-après qui servira à la détermination des débits maximaux caractéristiques. Les valeurs en gras sont les données reconstituées.

Tableau 8 : Débits maximaux de Malanville de 1985 à 2014 (m3/s)

Années	Qmax (m3/s)	Années	Qmax (m3/s)
1985	1480	2000	1828
1986	1320	2001	1702
1987	1130	2002	1272
1988	2395	2003	1849
1989	1270	2004	1468
1990	1295	2005	1388
1991	1560	2006	1693
1992	1500	2007	2162
1993	1185	2008	1855
1994	2422	2009	1790
1995	1671	2010	2264
1996	1595	2011	1654
1997	1355	2012	2518
1998	1999	2013	2662
1999	1758	2014	1439

Pour le traitement des débits maximaux, nous avons utilisé la loi de Gumbel, qui théoriquement est la loi qui décrit le mieux les valeurs extrêmes.

La synthèse des résultats de calcul des débits maxima du fleuve Niger à Malanville à différents périodes de retour est faite dans le tableau ci-dessous pour l'année humide et sèche.

Tableau 9 : Débits maxima caractéristiques à Malanville (m3/s)

Année	Période de retour (ans)					
	2	5	10	20	50	100
Sèches	1 650	1 375	1 258	1 172	1 084	1 031
Humides	1 650	2 021	2 266	2 503	2 806	3 035

3.3.2. Risque d'inondation des aménagements à projeter

Depuis quelques années, certaines villes au Niger, en bordure du fleuve, font fréquemment face à des inondations qui ont diverses origines.

a. Evènements pluvieux exceptionnels

Une partie importante des eaux responsables des inondations liées au fleuve au Niger vient des affluents du fleuve Niger qui prennent leur source au Burkina Faso et au Mali. Ces affluents et les koris engendrent lors de ces évènements pluvieux, la crue dite locale. Ainsi, le débordement des affluents et des koris constitue une menace pour les périmètres irrigués dont les digues de protection cèdent lors des évènements pluvieux exceptionnels qui engendrent les crues locales.

b. Ensablement du lit du fleuve

Depuis 1965, on assiste à la formation rapide de bancs de sable et à la naissance de nombreux îlots dans le lit du fleuve Niger. Des zones, autrefois très profondes, se sont transformées en gués. Ce phénomène est plus accentué dans la partie subsaharienne (au Mali) et au Niger, où l'ensablement est continu. C'est ainsi qu'on observe d'une manière impuissante le comblement du fleuve Niger, réduisant ainsi la section d'écoulement.

Pour arrêter le phénomène d'ensablement du lit du fleuve Niger, l'ABN a entrepris dans les pays membres des études de diagnostic ainsi que des actions de lutte, parmi lesquelles on peut citer la fixation des dunes de sable (ce qui contribue à freiner ou du moins tempérer le phénomène à la source) et le dragage du lit du fleuve⁵.

Dans la lutte contre l'ensablement au Niger, l'ABN donne suite à ces études. Elle met en œuvre le projet de lutte contre l'ensablement (PLCE) qui repose sur un dispositif participatif. Le PLCE monte une « pyramide » institutionnelle de participation et de réalisation qui construit des liens entre les comités villageois et la coordination des actions entre les localités, les régions, les nations et les états membres de l'ABN. En outre, l'ABN met en œuvre le « Programme de Développement des Ressources en Eau et de Gestion Durable des Ecosystèmes » (DREGDE) du bassin du Niger. Ce programme comprend les volets de renforcement des capacités en matière de gestion durable des ressources en eau, la mise en place des infrastructures régionales y compris les grands barrages hydro-électriques, le développement rural du bassin du Niger, le développement de l'irrigation et la protection de l'environnement y compris l'agroforesterie. Le DREGDE a permis également la réhabilitation de 621 ha de périmètre irrigué à Djambala et la construction de 23 seuils et 6 épis en gabions pour le traitement des koris et berges de koris dans les Dallols Maouri et Fogha Le programme est financé par la Banque Mondiale à hauteur de 500 millions de dollars US. En première

⁵ Le coût de dragage du lit du fleuve Niger serait assez élevé. La mission ne dispose pas d'estimations précises pour le cas du Niger. Mais le gouvernement du Nigeria a lancé en septembre 2009 un projet vaste de dragage du fleuve sur un tronçon de 572 km (entre Baro au centre et Warri au delta) pour un coût global de 233 millions de USD (c'est-à-dire dépassant légèrement un coût de USD 400 000 par kilomètre).

phase, USD 186 millions ont été mobilisés. Il s'agit d'un programme ajustable de prêts dont cinq pays membres de l'ABN bénéficient. Au Niger, les réalisations suivantes sont prévues :

- Des actions de fixation de 3 000 ha de dunes ;
- De récupération des terres à des fins agro-sylvo-pastorales et d'aménagement de bassin versant (8 000 ha de bassins versants) ;
- Le renforcement des capacités d'intervention techniques, organisationnelles et financières des populations locales, en vue d'assurer une bonne appropriation et la pérennisation des divers travaux d'aménagement et l'amélioration des conditions de vie et de revenus des populations locales;
- La mise en place d'un système de suivi/évaluation aux différents niveaux. Une cellule de coordination assurera le suivi des activités des opérations sur le terrain.

c. Etude fréquentielle des hauteurs d'eau du fleuve à Malanville

Pour appréhender les risques d'inondation des périmètres des cuvettes de Koulou à Tanda dans le cadre de la présente étude, il est nécessaire de passer à une analyse statistique des cotes maximales du fleuve Niger à la station de Malanville. La station de Koulou au droit de site d'aménagement de la cuvette de Koulou n'est pas prise en compte, car les données comportent beaucoup de lacunes.

La synthèse des résultats de calcul des hauteurs maximales et minimales du fleuve Niger à Malanville à différents périodes de retour est faite dans le Tableau 10 ci-dessous pour l'année humide et sèche. Il y a lieu de noter que les relevés de l'ABN sont faits en hauteur d'eau à l'échelle limnimétrique qui ont été exprimées en cote IGN ou le zéro de l'échelle de Malanville (Z0 = 155 m+).

Tableau 10 : Hauteurs d'eau maxima et minima caractéristiques à Malanville (m+)

Hauteurs	Année	Période de retour (ans)					
		2	5	10	20	50	100
Maxi	Humide	162,6	163,2	163,7	164,1	164,6	164,9
Mini	Sèche	158,4	158,2	158,1	158,0	158,0	157,0
	Humide	158,4	158,8	159,0	159,2	159,4	159,6

d. Détermination des lignes d'eau au droit des sites d'aménagement des cuvettes

La zone du projet du schéma d'aménagement s'étend de Kouassi à Tondika le long du fleuve Niger sur environ 68 km. Les aménagements concernent la cuvette de Koulou et celles le long du fleuve entre Ouna et Kouanza.

Pour la détermination des plans d'eau au droit des sites d'aménagement, nous disposons des données de la station de Malanville située à environ 80 km du début des aménagements projetés. Ces données à elles seules ne suffisent pas pour prédire les cotes maxima (calage des digues de protection) et minima (calage des bâches de pompage) dans la zone du projet.

La détermination des lignes d'eau du fleuve Niger en crue entre le village de Bombodji et la ville de Malanville ont été effectuées avec le logiciel HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) version 4.1.0. L'étude complète de la modélisation hydraulique des écoulements du fleuve Niger de Bombodji (situé à environ 20 km en amont de Koulou) à Malanville est fournie annexe 1. Cette étude a permis d'apprécier l'impact de l'endiguement des nouveaux périmètres sur le rehaussement de la ligne d'eau par rapport à la situation actuelle. Le rehaussement moyen de la ligne d'eau est d'environ 60 cm. Le Plan d'eau maxi au droit du site, en année centennale humide (m+) au PK0 est de 166,60 m et de 165,00 m au PK 19,875 soit une pente moyenne du fleuve de 8 cm/km.

3.3.3. Estimation des débits de crue des koris

Les koris constituent aujourd'hui un problème (inondation, ensablement) très sérieux pour la pérennité de certains aménagements. C'est pourquoi, il a été procédé à l'estimation des transports liquides pour le dimensionnement des colatures externes. Le Tableau 11 ci-après donne la situation des principaux koris qui débouchent dans le fleuve au droit de la cuvette de Koulou.

Tableau 11 : Liste des koris débouchant dans les aménagements projetés

Departement	Nom du kori	X (m)	Y (m)	Zone
Dosso	Banyaga	505 895,24	1 355 407,87	31P
	Auguste Kwara 1	507 470,16	1 352 410,25	31P
	Albora Kwara	507 245,33	1 350 665,74	31P

a. Méthodologie utilisée

L'analyse hydrologique des koris entre Tanda et Koulou en amont de Gaya comprenait deux étapes. Dans la première étape, il a été repéré avec un GPS à main, les exutoires des principaux koris. La deuxième étape a consisté à une analyse à l'aide du modèle hydrologique du Système d'Information Géographique (SIG).

Pour le modèle hydrologique on a besoin d'un modèle numérique du terrain (MNT) accessible via les données SRTM de 30m de résolution gratuitement téléchargeable. L'ensemble des koris se situe dans le sous bassin « Niger 11 » qui fait référence au découpage hydrologique du continent Africain en 1400 sous-bassins. La délimitation hydrologique par ledit sous bassin facilite la collecte des données SRTM nécessaires et la modélisation hydrologique.

Une fois les paramètres hydrologiques sont obtenus, on passe à l'application de la méthode de calcul des crues. Les koris n'étant pas hydrologiquement suivis, la détermination des débits de crue se fera par la méthode couramment utilisée (au Niger) à savoir la méthode déterministe de l'ORSTOM.

b. Collecte et analyse des données

L'utilisation de la méthode de l'ORSTOM nécessite la disponibilité des données pluviométriques. A cet effet, les données pluviométriques de la station de Gaya ont été

recueillies et analysées pour une série de 25 ans (1990 – 2014). Cette analyse statistique a permis de calculer la pluie moyenne annuelle qui est de l'ordre de 810 mm.

Les résultats de détermination des paramètres permettant l'utilisation de la méthode dite ORSTOM de calcul des débits de crue, sont consignés dans le Tableau 12 ci-après.

Tableau 12 : Paramètres pour l'utilisation de la méthode de l'ORS TOM

Departement	Nom site	Précipitation			Méthode ORSTOM – zone Sahélienne											Apport annuel					
		Précipitation annuelle	Précipitation décennale	Précipitation décennale moyenne sur le bassin	Coefficient de ruissellement pour P = 70 mm	Coefficient de ruissellement pour P = 100 mm	Temps de base	Coefficient de ruissellement decennal	Lame ruisselée decennal	Volume ruisselée	Le debit moyen de ruissellement	Coefficient de point	Debit de pointe decennal partie ruissellement	Debit de pointe decennal (y compris écoulement retardé)	Passage crue decennale a crue projet	Debit	La médiane de la précipitation	Coefficient de ruissellement estimation conservative (Kmed petit)	Coefficient de ruissellement; estimation max (Kmed grand)	Volume ruisselle; estimation minimum	Volume ruisselle; estimation minimum
	Symbole	Pan	P ₁₀	Pm ₁₀	Kr_70mm	Kr_100mm	Tb10	Kr_10	Lr10	Vr10	Qmr10	α10	Qr10	Q10	C	Qprojet	Pmed	Kmed _{min}	Kmed _{max}	Vmin	Vmax
	unité	mm	mm	mm	%	%	min	%	mm	m ³	m ³ /s	-	m ³ /s	m ³ /s	-	m ³ /s	mm	-	-	m ³	m ³
Dosso	Banyaga	810	90	82	29,0%	30,0%	190	29,7%	24,2	135 427	11,9	2,6	30,9	32,3	2,19	70,7	787	6%	50%	264 483	2 204 028
	Auguste Kwara 1	810	90	83	26,0%	27,0%	210	26,7%	22,1	93 524	7,4	2,6	19,3	20,2	2,34	47,2	787	6%	50%	199 779	1 664 828
	Albora Kwara	810	90	80	21,0%	23,0%	600	22,3%	17,9	137 312	3,8	2,6	9,9	10,4	2,81	29,2	787	6%	50%	363 192	3 026 603

c. Résultats obtenus

La synthèse des résultats de calcul des crues est consignée dans le Tableau 13 ci-après. On observe des débits importants sur même des bassins relativement petits. Cela est dû à l'indice global de pente qui est par exemple dans le cas de Banyaga 12,7. Un indice de pente plus élevé joue sur le pourcentage de l'eau ruisselé et le temps de base (le temps nécessaire que l'écoulement se concentre).

Tableau 13 : Synthèse des résultats de l'utilisation de la méthode de l'ORSTOM

Village	Superficie bassin (S) km ²	Périmètre stylisé du bassin (P) Km	Débit de pointe décennal (Q10) m ³ /s
Banyaga	5,60	11,0	32,3
Auguste Kwara 1	4,23	9,6	20,2
Albora Kwara	7,69	13,45	10,4

3.4. Étude géotechnique

3.4.1. Objectifs de l'étude

L'étude géotechnique a pour objectifs :

- la reconnaissance des sols devant constituer l'emprise d'une digue de protection de 5.00km à travers des puits et des essais au pénétromètre dynamique léger à travers des puits manuels,
- Les prospections des gisements des matériaux d'emprunts pour les terrassements et la couche de corps de la digue (argile et latérite) avec prélèvement d'échantillons et les essais correspondants in situ et au laboratoire,
- L'étude de la portance des sols au droit de la station de pompage;
- Les prospections des matériaux pour le béton et les essais correspondants.

3.4.2. Méthodologie de l'étude

La reconnaissance des sols de l'emprise de la digue de protection a été faite par des sondages à l'axe au pénétromètre dynamique suivi des puits manuels ou à la tarière à raison d'un sondage tous les km. Les carrières des matériaux devant et pouvant constitué la digue et le remblai des canaux ont été prospectées, cinq (05) puits de 1,00m dans chaque emprunt (latéritique et argileux) ont été réalisés selon un maillage de 50m par 50m. Les échantillons des emprunts sont constitués par mélange des prélèvements sur tous les puits à raison de 7 kg environ par puits. Les normes appliquées sont des Normes Françaises applicables au Niger.

3.4.3. Résultats

Des puits à la tarière ou manuels ont été réalisé sur l'axe de la digue de protection et aux emprunts (argile et latérite). Les puits de 2.00m de profondeur ont été réalisés sur l'axe de la digue tous les km et 5 puits de 1,00m de profondeur au niveau de chaque emprunt. La

localisation des différents essais au pénétromètre dynamique léger à travers des puits manuels et des zones d'emprunts est fournie sur la Figure ci-après.

a. Digue de protection

Au niveau du puits n°1 PK0+000 :

- une couche d'argile noirâtre de 0.00m à 1.00m de profondeur,
- Une couche d'argile blanchâtre entre 1.00m et 2.00m de profondeur.

Au niveau du puits n°2 PK1+000 :

- une couche unique d'argile blanchâtre de 2.00m d'épaisseur.

Au niveau du puits n°3 PK2+000 :

- une couche d'argile noirâtre de 0.40m d'épaisseur,
- une couche de d'argile sableuse entre 0.40m et 1.40m de profondeur,
- une couche de sable à partir de 1.40m de profondeur jusqu'à 2.00m de profondeur.

Au niveau du puits n°4 PK3+000 :

- une couche d'argile rougeâtre de 0.40m d'épaisseur,
- une couche de d'argile sableuse entre 0.40m et 1.40m de profondeur,
- une couche d'argile noirâtre à partir de 1.40m de profondeur jusqu'à 2.00m de profondeur.

Au niveau du puits n°5 PK4+000 :

- une couche d'argile noirâtre de 1.00m d'épaisseur qui surmonte une couche d'argile moins noirâtre qui s'étend jusqu'à une profondeur de 2.00m.

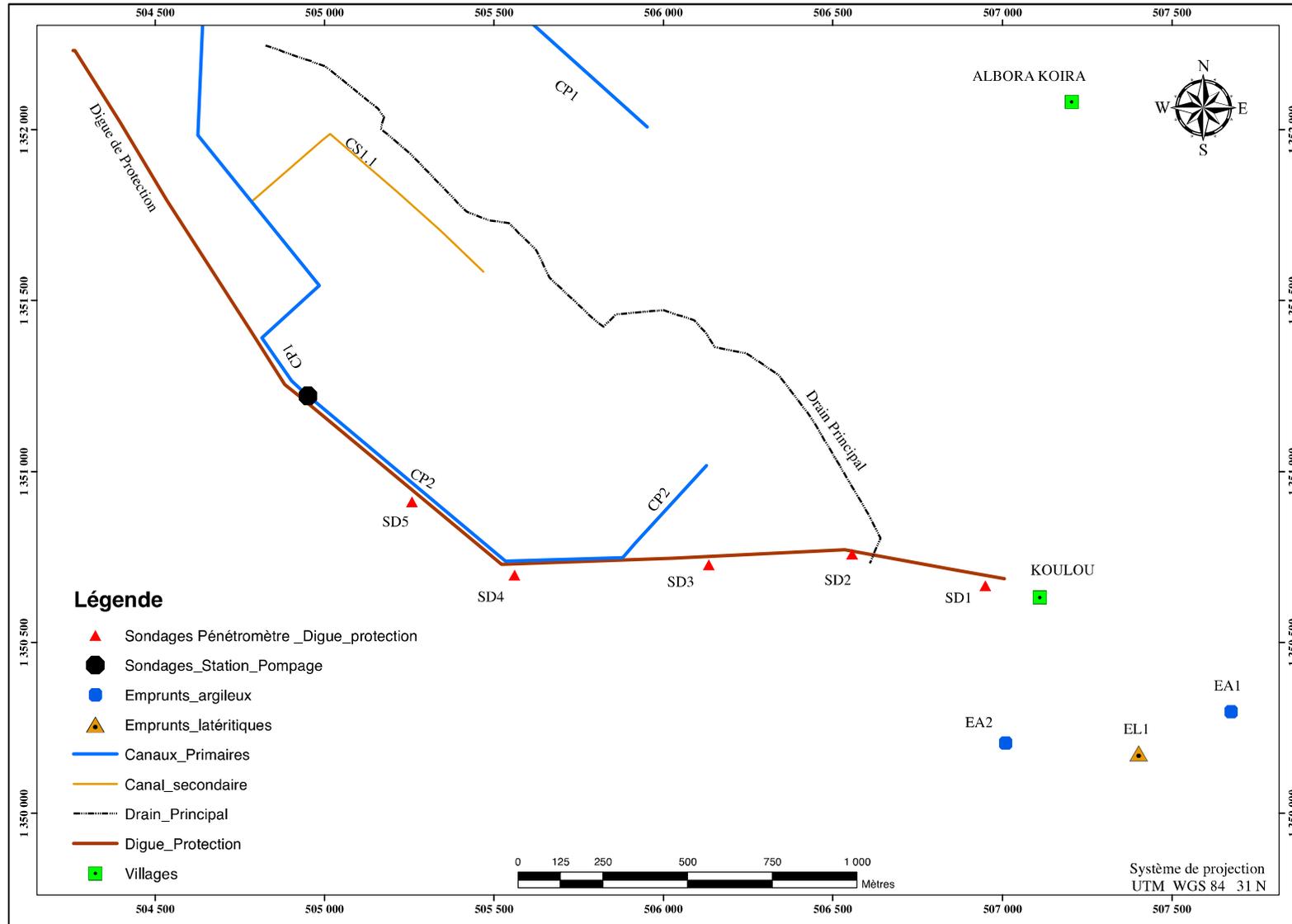
Les essais de sondage ont révélé que le site est caractérisé au niveau de l'axe de la digue par un sol de portances relativement bonnes mais sans refus jusqu'à une profondeur de 3.00m

Le sol de fondation est peu compressible avec un coefficient de compressibilité variant entre 1,560 à 2,206). Le sol est également imperméable (perméabilité varie entre $6.13 \cdot 10^{-10}$ m/s et $1.08 \cdot 10^{-8}$ m/s), ce qui confirme la qualité du sol de fondation du site projeté ne nécessitant aucune purge de matériaux impropres.

Il ressort de l'analyse des résultats que :

- La résistance de sol est d'environ 1,85 bars entre 0,5 m et 1,50 m;
- La résistance de sol est d'environ 2,36 bars entre 1,5 m et 2m.

Figure 6 : Localisation des différents essais au pénétromètre dynamique léger et des zones d'emprunts



Les essais de sondage ont révélé que le site est caractérisé au niveau de l'axe de la digue par un sol de portances relativement bonnes mais sans refus jusqu'à une profondeur de 3.00m

Le sol de fondation est peu compressible avec un coefficient de compressibilité variant entre 1.560 à 2.206). Le sol est également imperméable (perméabilité varie entre 6.13 10⁻¹⁰ m/s et 1.08 10⁻⁸ m/s), ce qui confirme la qualité du sol de fondation du site projeté ne nécessitant aucune purge de matériaux impropres.

Il ressort de l'analyse des résultats que :

- 1) La résistance de sol est d'environ 1,85 bars entre 0,5 m et 1,50 m;
- 2) La résistance de sol est d'environ 2,36 bars entre 1,5 m et 2m.

b. Zones d'emprunts

Les emprunts argileux renferment un sol composé d'argile d'épaisseur supérieur à 1,00 m. Les emprunts argileux sont imperméables avec respectivement 5,27.10⁻⁰⁹ m/s et 5,73.10⁻⁰⁹ et les tassements respectivement de 1.27% et 3.30%.sont inférieurs aux limites admissibles. Les angles maximum de talus sont respectivement 31,90° et 31.87° par rapport à l'horizontal.

L'emprunt latéritique renferme une couche de latérite jusqu'à 1,00m de profondeur. Les matériaux sont conformes aux spécifications techniques relatives aux constructions des pistes rurales et pistes d'accès aux périmètres (CBR de 95 et 19 à 95% de l'OPM).

Les carrières identifiées et présentées au dossier géotechniques sont de bonne qualité. Le volume disponible de chaque emprunt couvre largement les besoins en matériaux. Cependant la carrière d'emprunts latéritique n°2 n'est pas intéressante compte tenu de sa distance de transport très élevée.

c. Station de pompage et d'exhaure

Les essais de sondage ont révélé que le site est caractérisé par un sol de portances relativement bonnes sans refus jusqu'à 3.00m environ de profondeur.

Les essais d'identification effectués sur l'échantillon prélevé à 1,20m de profondeur montrent que le sol est une argile assez plastique (IP 22) et qui peut être utilisé en remblai de fouille sans risque de tassement ou gonflement nuisibles.

Il ressort de l'analyse des résultats que la résistance de sol est d'environ 1,45 bars entre 1 m et 2 m. La contrainte totale appliquée par l'ouvrage est de 2,4 bars, la mise en œuvre du remblai de substitution est alors obligatoire. L'ouvrage sera fondé sur un remblai latéritique d'épaisseur d'au moins 0.40m pour améliorer la portance du sol. Le remblai latéritique doit être sélectionné et mis en œuvre par couches successives compactées à 95 % de l'OPM. Dans ce cas la contrainte du sol peut être prise au moins égale à 3 bars.

3.5. Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES)

3.5.1. Objectifs de l'étude

La présente étude vise une meilleure prise en compte des préoccupations environnementales et sociales dans le cadre de l'exploitation des 150 ha à Koulou, conformément à la réglementation du Niger et aux conditions particulières de la zone d'influence du projet. Il en est issu un document qui constitue le rapport d'EIES, organisé en neuf (9) chapitres et des annexes.

3.5.2. Description complète du projet

La région concernée est la région de Dosso (départements de Dosso) caractérisée par son appartenance à trois grandes zones agro-écologiques (agricole, agropastorale et pastorale). Les zones proprement dites d'intervention de cette prestation sont les cuvettes de Koulou situées dans les départements de Dosso, dans les communes de Sambéra. Ces cuvettes sont parties intégrante d'une série de cuvettes qui longent le fleuve Niger en rive gauche sur environ 40 km et 500 m de large. Une dimension très importante de la caractérisation de la zone du projet est que les cuvettes et terrasses sont toutes localisées à l'intérieur des limites d'une aire identifiée comme zone humide d'importance internationale sous la Convention sur les zones humides de Ramsar, dénommée « **Zone humide du moyen Niger I** », d'une superficie de 88 050 ha.

La présente EIES du projet d'aménagement des 150 ha dans la cuvette de Koulou, trois zones d'influence ou d'impacts ont été retenues. Il s'agit de : (i) les zones d'impacts directs qui couvrent les cuvettes et terrasses retenus dans du schéma et leurs environs ; (ii) Les zones d'impacts intermédiaires correspondent aux zones dans lesquelles seront ressentis ou perçus certains impacts notamment la création d'emploi lors des travaux, les perturbations ou modification de gites ou pistes de transhumance, etc. ; (iii) La zone d'impacts diffus qui est suffisamment large et correspond à l'espace où seront ressentis certains impacts.

L'approche méthodologique adoptée pour réaliser la présente étude, a été basée sur le concept d'une approche systémique, participative et itérative en concertation avec l'ensemble des acteurs concernés par le développement des collectivités territoriales concernées en général et de la zone du projet en particulier. Cette approche méthodologique reflète le caractère multidisciplinaire de l'équipe. Elle a privilégié une démarche participative et itérative qui a permis d'intégrer au fur et à mesure les avis et arguments des différents acteurs.

3.5.3. Etat initial du site et de son environnement : Situation de référence

La zone d'intervention est localisée dans la commune rurale de Sambéra (département de Dosso), région de Dosso dans la partie Sud-est du Niger. La région de Dosso est située entre 11°5 à 14°50 de latitude Nord et entre 2°30 et 4° 40 de longitude Est. Elle est limitée au Nord et à l'Ouest par la région de Tillabéry ; au Sud -ouest par la République du Bénin ; au Sud-est par la République Fédérale du Nigéria et à l'Est par la région de Tahoua.

La commune rurale de Sambéra, qui couvre une superficie de 1 295 km² est limitée : (i) au Nord par la commune rurale de Gollé ; (ii) au Nord-est par la commune rurale de Farey ; (iii)

au Sud par la République du Bénin ; (iv) au Sud-ouest par la commune rurale de Tanda ; (v) à l'Est par la commune rurale de Yellow ; et, (vi) à l'Ouest par la commune rurale de Falmey.

Le relief de la région de Dosso est marqué par trois zones essentielles : (i) La zone des plateaux ; (ii) La zone des dallols ; (iii) La vallée du fleuve Niger. La zone du projet est essentiellement caractérisée par les plateaux de Gaya, les terrasses, les cuvettes et autres dépressions de la vallée du fleuve Niger qui traverse la région de Dosso dans son l'extrême Sud.

Le climat dans la région de Dosso est du type soudano-sahélien. La zone du projet est essentiellement soudanienne. Elle enregistre une pluviométrie comprise entre 600 mm et 900 mm. Le risque et/ou opportunité climatique issu de la tendance des pluies est l'augmentation des jours des pluies engendrant beaucoup d'inondations accompagnée des pertes en biens matériels, de récoltes, d'habitats et dans une certaine mesure, des pertes en vies humaines. La moyenne des températures minimales et maximales est respectivement de 19°C et 40°C. La tendance générale de la température est fortement à la hausse.

La zone du projet présente deux (2) saisons : (i) une saison pluvieuse, humide relativement courte (3 à 7mois) avec des précipitations importantes en année normale; (ii) une saison sèche pouvant atteindre 9 mois. L' harmattan et la mousson sont les vents dominants.

Sous l'action de l'eau et de la chaleur la zone du projet est caractérisée par les sols suivants : (i) les sols de plateaux ; (ii) les sols des vallées du fleuve ; (iii) les sols sableux des dallols ; (iv) les sols des terrasses ; et, (v) les sols hydro morphes. Les principales unités morpho-pédologiques sont: (i) la cuvette d'inondation ; (ii) les petites levées alluviales ; et (iii) les terrasses.

La zone du projet dispose d'un réseau hydrographique assez fourni marqué en partie par les dallols où débouche une multitude de koris qui, pendant l'hivernage, drainent les eaux des versants. Ce réseau est dominé par le sous bassin versant du fleuve Niger dont la vallée, est située à la limite sud et sud-ouest des Communes rurales de Sambéra selon un axe nord-ouest - sud-est. Le fleuve Niger et ses affluents traversent la commune de Sambéra sur 30 km. Le régime du fleuve Niger à Niamey est caractérisé par deux périodes principales de hautes eaux (périodes de crue) que sont : la crue locale, intervient en général pendant les mois d'août et de septembre et la crue guinéenne ou malienne qui se produit généralement au cours de la période novembre-décembre et janvier.

Les eaux de surface comportent également des marigots, de nombreuses mares permanentes et semi – permanentes. Ainsi, la commune de Sambéra compte 10 mares permanentes et 28 mares semi - permanentes. Notons cependant que le fleuve et les mares souffrent d'ensablement et de salinisation, conduisant à la disparition de plusieurs mares. Le fleuve cause annuellement plusieurs inondations entraînant de grands risques de dégâts sur les aménagements proposés. Ces risques d'inondations sont exacerbés par les affluents du Niger et les nombreux koris dont les débordements, lors des événements pluvieux exceptionnels et la crue dite locale, engendrent une menace importante pour les périmètres irrigués, les personnes et les autres biens et services. Notons que les koris de Banyaga, de

August kwara 1 et de Albora kwara débouchent dans les aménagements des 150 ha de la cuvette de Koulou.

Le sous-sol des départements de Dosso et de Gaya en général et de la commune de Sambéra en particulier est caractérisé par une superposition de nappes souterraines qui s'écoulent en direction nord-sud et qui remontent à la surface dans les parties sud.

La qualité physico-chimique des eaux de surface est variable durant tout le cycle hydrologique. La couleur de l'eau est en général beige-clair et assez limpide. Au niveau du Continental Intercalaire, les eaux sont riches en sodium et leur PH est basique ou neutre. Elles sont moyennes pour la consommation humaine. En irrigation elles doivent être surveillées pour éviter les risques de salinisation des sols.

Les formations végétales de la zone du projet couvrent une superficie assez remarquable par rapport au nord de la région de Dosso. Les massifs forestiers forment deux domaines distincts : le domaine classé et le domaine protégé. La composition floristique ainsi que la densité de cette végétation varient d'une zone à l'autre en fonction du gradient pluviométrique et de la nature des sols. Les différents inventaires floristiques et forestiers réalisés ont permis de dénombrer plusieurs espèces végétales dont l'intégralité des 15 espèces protégées au Niger. Il s'agit entre autres de : *Pterocarpus erinaceus* (le vène), *Pterocarpus lucens*, *Parkia biglobosa* (le néré), *Bombax costatum* (le kapokier), *Andansonia digitata* (le Baobab), *Khaya senegalensis* (le caïlcédrat), *Daniella oliveri* (le daniellia), *Diospiros mespilliformis*, *Acacia ataxacantha*, *Mimosa pigra*, *Combretum nigricans*, *Combretum micranthum*, *Combretum gasalencea*, *Guiera senegalensis*, *Grevia spp.* *Boscia angustifolia*, *Acacia ataxacantha*, *Acacia senegal* (gommier), *Acacia radhiana* et *Guiera flavescens*, *Boscia senegalensis*, *Commiphora africana*, *Anoseissus leiocapus*, *Combretum glutinosum*, *Combretum micranthum*, *Piliostigma reticulatum*, *lanea acida*, *lanea microcarpa*, *Anona senegalensis*, *Borassus ethiopicum* (ronier), *Hyphaene tabaïca*, *Balanites egyptiaca*, *Acacia seyal*, *Acacia radhiana*, *Anogeissus leiocarpus*.

Pour la flore spécifique du fleuve, on y trouve principalement : *Echinochloa stagnina*, *Polygonum senegalense*, *Nymphaea lotus*, *Cyperus maculatus*, *Aeschynomene afraspera*, *Oryza longistamina* et *Vetiveria nigriflora*.

La faune de la zone d'étude comporte : (i) une faune terrestre qui pourrait s'enrichir du fait remontés en provenant du parc W relativement proche, d'une faune aviaire annuellement riche avec les migrations d'oiseaux dans le site RAMSAR du Moyen Niger I ; (ii) et une faune aquatique assez riche.

En termes de classement, la zone d'étude est marquée par l'existence du site RAMSAR du Moyen Niger 1 dont elle est totalement partie intégrante. La zone du projet comporte également la forêt de Koulou, classée depuis le 24 décembre 1948.

L'occupation des terres de la zone est marquée par l'existence de la zone humide, site RAMSAR du Moyen Niger I. Le territoire est divisé en zones d'habitation, de production et de conservation. L'ensemble du système agraire est organisé dans le bassin versant selon une occupation des sols tenant compte des forêts domaniales ayant un statut particulier. On y rencontre les unités de paysages suivantes : (i) les cours d'eau ; (ii) les collines et les

plateaux ; (iii) les zones d'habitat ou terroirs villageois ; (iv) les zones de cultures ; et, (v) les réserves foncières.

La région de Dosso en général et la zone du projet en particulier subissent les effets pervers des changements climatiques qui se traduisent entre autres, par l'érosion des berges du fleuve et l'érosion sous toutes ses formes, les effets dévastatrices des inondations, la baisse continue des précipitations, la vulnérabilité de l'agriculture et de l'élevage, la dégradation exponentielle des ressources forestières et la perte de la diversité biologique, ainsi que des impacts généralement négatifs au plan social. Les effets néfastes des changements climatiques sont perçus à tous les niveaux de la vie socio-économique et culturelle. Ils se manifestent en termes de : (i) inondations récurrents ; (ii) vulnérabilité de l'agriculture irriguée et de l'élevage ; et, (iii) vulnérabilité sociale.

Dans la région de Dosso comme partout au Niger, la chefferie traditionnelle, depuis son institutionnalisation pendant la période coloniale, a connu plusieurs transformations tant du point de vue du nombre, de la limite territoriale, que du statut. En 2014, la région de Dosso compte un (1) sultanat, quinze (15) cantons, trois (3) groupements. L'autorité traditionnelle dans la zone du projet est assurée par le Sultan de Dosso en ce qui concerne la commune de Sambéra.

Selon les résultats du Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) 2012, la région de Dosso qui constitue la principale zone d'influence diffuse du projet, compte 2 037 713 habitants en 2012, répartis dans 257 039 ménages dont 220 579 ménages agricoles. La population régionale est composée de 49,4% d'hommes contre 50,6% de femmes. Le rapport de Masculinité de 100 hommes pour 102,63 femmes. La zone d'impact direct du projet qui constitue la commune de Sambéra, compte 8 149 habitants dont 4 109 femmes, regroupées au sein de 923 ménages dont 866 ménages agricoles. La population est extrêmement jeune. Les femmes en âge de procréer (15-40 ans) représentent 36,5% de la population féminine.

La population totale de la commune de Sambéra est de 50 820 hbts pour une superficie de 1 295 km², soit une densité de 39 hbts/km², contre une densité moyenne de la région de Dosso de 65,7 hbt/Km².

Le taux d'urbanisation du département de Dosso est 11,9% contre 17,2% pour le département de Gaya et seulement 6,2% pour le département de Falmey. L'habitat est constitué de maisons rectangulaires et de cases en banco ou en semi dur et surtout en pailottes. L'utilisation importante de matériaux précaires qui domine l'habitat de la zone du projet, contribue de beaucoup à l'intensification des pressions sur les ressources naturelles notamment forestières. Cela présente un grand risque pour l'habitat lié aux incendies.

A l'instar des religions, les migrations constituent un des facteurs clés de la vie socioculturelle des populations de la commune de Sambéra. Cette situation est exacerbée avec la proximité du Bénin et du Nigéria. Les déplacements des populations de la commune de Sambéra se font en direction des pays de la sous-région notamment au Nigéria, le Bénin, le Togo et le Ghana. Les migrations internes se font surtout en direction des centres urbains comme Niamey, Konni, Maradi. Ils constituent une préoccupation importante sur les plans économique et sociale aussi bien pour les villages que pour les villes de la région de Dosso.

Le système sanitaire est constitué de Districts Sanitaires au niveau des départements (Dosso, Gaya et Falmey), de Centres de Santé Intégrés (CSI) de catégories 1 et 2 au niveau des chefs lieu de commune et de certains gros villages et de Cases de Santé dans certains villages et hameaux. La commune rurale de Sambéra compte un (1) CSI 2, trois (3) CSI1, Seize (16) cases de santé et deux (2) pharmacies.

Le taux de couverture médical avec le maximum de population sanitaire entre 5 km et 15 km d'un centre de santé est de 47%. De ce fait, la fonctionnalité des centres de santé doit être améliorée. Les maladies liées à l'eau (paludisme, diarrhée, dysenterie, bilharziose, Parasitoses intestinales, Bilharzioses.) constituent les plus importantes causes de consultations médicales. Le paludisme (simple et grave) est la pathologie la plus rencontrée. Cette tendance pourrait se maintenir, voire s'intensifier avec l'intensification des aménagements hydro agricole et l'augmentation du temps de contact de la population avec l'eau d'irrigation.

Le taux de couverture des besoins en eau potable, dans la commune de Sambéra est d'environ 50%. Ces besoins des populations sont assurés par des forages, des réseaux sommaires d'adduction d'eau, des bornes fontaines, les puits cimentés et de nombreux puits traditionnels qui ne sont pas pris en compte de manière officiel dans le système d'approvisionnement en eau potable.

L'une des préoccupations majeures en matière d'hydraulique et d'hydrologie est la sauvegarde du fleuve Niger à travers une meilleure connaissance des ressources en eau, la lutte contre l'ensablement des différents cours d'eau, la lutte contre les gaspillages et la pollution de ces eaux. Il importe de restaurer et de densifier le réseau d'observation et de mesure du niveau d'eau existant.

En matière d'assainissement, plusieurs ménages ne disposent pas encore de latrines, même traditionnelles, malgré que celles – ci soient de loin les plus rependues. Il est important de poursuivre et d'intensifier les rares expériences de réalisation de latrines améliorées notamment au niveau des ménages.

Le pouvoir administratif est incarné par les préfets au niveau des départements comme Dosso qui assurent la tutelle administrative des communes. Peu de services techniques sont décentralisés au niveau communal. L'encadrement est peu assuré.

La population est hiérarchisée selon : (i) la chefferie au niveau des différents villages administratifs ; (ii) les nobles qui assistent les chefs des villages dans leurs fonctions ; (iii) les hommes des castes. Les différents chefs des villages sont sous l'autorité du sultan de Dosso ou du chef de canton dans les départements voisins.

Dans le cadre de la société traditionnelle, l'homme est le chef de famille et la répartition traditionnelle des rôles dévolus aux hommes et aux femmes est l'une des causes majeures de l'inégalité d'accès des hommes et des femmes aux ressources et à leur contrôle et au comportement différencié des genres dans l'activité de production.

La zone agricole dont fait partie la zone du projet, est la partie de territoire national située au Sud de la limite des cultures définie par la loi de 1961. Dans cette zone, les terres agricoles

sont soumises au régime de la propriété privée et les terres réservées à l'élevage (chemins, pistes de transhumance et couloirs de passage, ainsi que les enclaves pastorales) font partie du domaine public de l'État. La terre et ce qu'elle supporte naturellement ou artificiellement appartiennent au propriétaire du sol. La propriété foncière s'acquiert par la coutume ou par les moyens du droit positif. Le propriétaire du foncier agricole bénéficie de la maîtrise exclusive de son bien, qu'il exerce dans le cadre des lois et des règlements en vigueur, notamment ceux portant sur la mise en valeur de l'espace rural et la protection de l'environnement.

La zone pastorale est la partie du territoire national située au Nord de la limite des cultures définie par la loi de 1961. Elle fait partie du domaine public de l'État. Les espaces réservés à l'élevage en zone agricole (couloirs de passage et enclaves pastorales au Sud et zone pastorale au Nord) font partie du domaine public de l'Etat. Aussi, l'eau en tant que ressource stratégique appartient – elle au domaine de l'État. Font donc partie du domaine public : les cours d'eau, les lacs, les étangs, les sources, les nappes d'eau souterraines, etc. et une bande (servitude) de 25 m au-delà de la limite des plus hautes eaux.

Dans les forêts classées, les droits coutumiers comprennent : le ramassage du bois mort, le prélèvement du bois nécessaire à la fabrication d'outils agricoles, la récolte des fruits et des plantes médicinales ou alimentaires. Dans les forêts non classées qui sont dites « forêts protégées », les droits d'usage coutumiers comprennent : la culture, le pâturage et la cueillette des produits forestiers.

Des structures sont mises en place à tous les niveaux administratifs pour mettre en œuvre le Code Rural : il s'agit du Comité National du Code Rural (CNCR) et son organe exécutif le secrétariat permanent du Code Rural (SPCR), du secrétariat permanent régional du Code Rural (SPR/CR), de la Commission foncière départementale (COFODEP), de la Commission foncière communale (COFOCOM) et de la Commission foncière de base (COFOB) chargée de l'établissement des actes de transaction, de l'identification des ressources partagées et du contrôle de la mise en valeur au niveau villageois ou du tribu . Notons que dans la majorité des villages, les Commissions Foncières de base fonctionnent peu et ne bénéficient pas de l'appui de l'Etat.

Dans la zone du projet, les villageois pratiquent les cultures pluviales sur les zones dunaires hors cuvettes (mil-sorgho-niébé-arachide) et dans la cuvette (mil-sorgho sur les sols sableux et sorgho-maïs-cultures maraîchères sur les sols les plus hauts des Fadama et le riz flottant dans les bas-fonds). Les cultures de mil, de sorgho et de maïs à l'intérieur de la cuvette, sont soumises aux contraintes liées à la répartition et à la hauteur des pluies pendant le cycle cultural, mais encore aux aléas liés aux crues du fleuve.

Les quatre principales cultures (mil, sorgho, maïs et riz) occupent l'essentielle des superficies cultivées. Les rendements moyens demeurent encore bas. Les cultures irriguées concernent le chou, la laitue, le riz, le sorgho, le niébé, la pomme de terre, le manioc, la tomate, l'oignon, le maïs, le moringa, la canne à sucre, la carotte, la patate douce et le poivron.

Dans la commune de Sambéra, bien que la zone présente des conditions agro-climatiques plus favorables par rapport au reste du pays, l'agriculture fait face à beaucoup de contraintes. Les techniques culturales, aussi bien pour les cultures pluviales que celles irriguées,

demeurent encore traditionnelles. Tout cela fait que l'insécurité alimentaire et nutritionnelle est récurrente.

L'élevage constitue la seconde activité de l'économie des populations. Le cheptel est composé de grands troupeaux des bergers peuls et la zone du projet constitue une grande zone de concentration des animaux.

La portion du fleuve concernée par les cuvettes et terrasses de Koulou à Gaya a toujours été considérée comme une région riche en produits de la pêche au même titre que beaucoup d'autres régions du pays. Cependant, depuis une dizaine d'année la situation s'est particulièrement dégradée en relation avec la baisse de débit du fleuve et l'augmentation de l'effort de pêche. Dans le cadre de la promotion de l'activité piscicole, les pêcheurs et leurs partenaires (femmes mareyeurs, revendeurs, etc.), sont organisés en Coopératives et/ou en groupements de coopératives.

L'un des enjeux majeurs du projet et de son système de production intensive est l'établissement et le maintien d'un bilan équilibré du territoire entre l'agriculture, l'élevage et la pêche. Dans ces conditions, les rapports entre les agriculteurs, les éleveurs et les pêcheurs devront être codifiés au fur et à mesure de la mise en production des périmètres irrigués et des plans d'eau avec la participation et l'implication des organisations de producteurs et des organismes officiels concernés. Les relations entre agricultures et pêcheurs doivent évoluer vers une étroite collaboration en particulier pour la question des ouvrages hydrauliques et de la commercialisation de leurs produits.

La productivité annuelle des massifs forestiers de la zone demeure faible. Les productions des formations forestières de la zone du projet sont faibles. Les activités forestières concernent l'exploitation de bois, les actions de reboisement, les classements et la mise en défens des massifs et la cueillette. Elles contribuent à la sécurité alimentaire et à générer d'importantes ressources financières dans le cadre de la lutte contre la pauvreté. Cependant, la forte pression démographique entretient un phénomène de dégradation des ressources forestières et de désertification. L'utilisation importante de matériaux précaires (haies mortes, seccos en andropogon, lianes et fibres, etc.) contribue de beaucoup à l'intensification des pressions sur les ressources naturelles notamment forestières.

L'exploitation minière dans la zone est dominée d'une part par l'exploitation de sel gemme et d'autre part par l'exploitation de carrières pour la production de matériaux de construction.

Les principales sources d'énergie demeurent le bois et le charbon de bois dont la consommation a beaucoup évolué. En effet, le bois – énergie représente plus de 80% des besoins énergétiques dans les communes.

Les infrastructures (industrielles, commerciales, etc.) ne sont pas développées. La question de la route et de son entretien est au centre des préoccupations et des priorités de la population de la zone du projet et de l'Etat du Niger. La plus part des axes sont dans un état de dégradation très avancé, ce qui rend la circulation très difficile surtout en saison des pluies et engendre souvent des accidents.

Le projet d'aménagement hydro agricole des 150 ha dans la cuvette de Koulou doit permettre l'identification et la réalisation d'infrastructures et d'équipements propices au développement économique et social de la zone en particulier et de la région de Dosso en général.

Le caractère de pôle de production de la zone du projet et sa position frontalière (Benin et Nigéria) favorisent la promotion du commerce. En plus des produits manufacturés, les activités commerciales concernent divers produits agricoles et artisanaux.

3.5.4. Analyse du cadre politique, institutionnel et juridique de la mise en œuvre du projet

La réalisation (construction et exploitation) du projet d'aménagement hydro agricole des 150 ha de la cuvette de Koulou doit se faire conformément aux textes législatifs et réglementaires nationaux en vigueur, mais aussi aux conventions et accords internationaux que le Niger a signés et/ou ratifiés.

Les principales politiques et stratégies qui soutiennent la mise en œuvre du projet d'aménagement des 150 ha dans la cuvette de Koulou sont entre autres : (i) la Politique Nationale des Zones Humides ; (ii) le Plan National de l'Environnement pour un Développement Durable ; (iii) le Programme d'Action National de Lutte Contre la Désertification et de Gestion des Ressources Naturelles ; (iv) le Document – Cadre de Politique Nationale de la Décentralisation ; (v) l'Initiative « 3N » pour la sécurité alimentaire et le Développement Agricole Durable ; (vi) la Stratégie de Développement Durable de l'Élevage ; (vii) le Schéma Régional d'Aménagement du Territoire (SRAT) de la région de Dosso ; (viii) le schéma d'aménagement hydro agricole des cuvettes et terrasses de Tanda à Koulou dans la région de Dosso.

Plusieurs institutions interviennent dans le cadre de la protection et préservation de l'environnement et le Ministère de l'Environnement, de la Salubrité Urbaine et du Développement Durable (ME/SU/DD) est au plan légal, à travers ses services déconcentrés, le chef de file des institutions publiques. En matière de procédure administrative des études d'impact, le Ministère de l'Environnement s'appuie sur le Bureau d'Évaluation Environnementale et des Études d'impacts (BÉEEI) qui a été créé comme structure responsable de la procédure administrative d'évaluation et d'examen des impacts d'un projet sur l'environnement. En plus du Ministère de l'Environnement, de la Salubrité Urbaine et du Développement Durable, le cadre institutionnel de la mise en œuvre du projet d'aménagement hydro agricole des 150 ha dans la cuvette de Koulou s'appuie sur : (i) le Ministère de l'Agriculture particulièrement la Direction Général du Génie Rural et l'ONAHA ; (ii) le Ministère de la Santé Publique ; Ministère de l'Emploi, du Travail et de la Sécurité Sociale ; (iii) le Ministère du Plan, Aménagement du Territoire, Développement Communautaire ; (iv) le Ministère de l'Intérieur, de la Sécurité Publique, de la Décentralisation, des Affaires Coutumières et Religieuses ; (v) le Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable ; (vi) l'Autorité du Bassin du Niger (ABN) ; (vii) la Direction Générale de la Protection des Végétaux ; Les coopératives de producteurs ; (viii) l'Association Nigérienne des Professionnels en Étude d'Impact sur l'Environnement.

Le cadre juridique national se fonde sur la constitution du 25 novembre 2010 qui en son article 35, consacre le droit de chaque citoyen à disposer d'un environnement sain. Le Projet d'aménagement hydro agricole des 150 ha dans la cuvette de Koulou a un caractère multidisciplinaire et multisectoriel. C'est pourquoi, son élaboration et sa mise en œuvre font appel, en plus de la constitution, à beaucoup de textes nationaux de références. Nous en citons entre autres : (i) Loi 98-56 du 29 décembre 1998 portant Loi-cadre sur la Gestion de l'Environnement ; (ii) Ordonnance 97-001 du 10 janvier 1997 relative aux Études d'Impact sur l'Environnement (EIE) ; (iii) Loi n°2001-32 du 31 décembre 2001 relative à l'Aménagement du

territoire ; (iv) Ordonnance n°2010-54 du 17 septembre 2010 portant sur la Gestion des Collectivités territoriales ; (v) Loi n°61-37 du 24 novembre 1961 réglementant l'expropriation pour cause d'utilité publique et l'occupation temporaire modifiée et complétée par la loi n° 2008-37 du 10 juillet 2008 relatives au déplacement involontaire et à la réinstallation des populations ; (vi) Loi n° 62-007 du 12 mars 1962 supprimant les privilèges acquis sur les terrains de chefferie ; (vii) Ordonnance 93-015 du 2 mars 1993 Portant Principes d'orientation du Code Rural (POCR) ; (viii) Ordonnance n°96-067 du 9 novembre 1996 portant régime des coopératives rurales ; (ix) Loi 2008-37 du 10 juillet 2008 modifiant et complétant la loi 61-37 du 24 novembre 1961 relative à l'Expropriation pour cause d'utilité publique ; (xi) Ordonnance n°2010-029 du 20 mai 2010 relative au pastoralisme ; (xii) Loi n°98-07 du 29 avril 1998 fixant le régime de la chasse et de la protection de la faune ; (xiii) Loi n°98-042 du 7 décembre 1998 portant régime de la pêche ; (xiv) Loi 2004-040 du 08 juin 2004 déterminant les conditions de gestion des forêts ; (xv) Ordonnance n°2010-09 du 1er avril 2010, portant Code de l'eau au Niger ; (xvi) Loi 2012-45 du 25 septembre 2012 portant Code du travail ; (xvii) Ordonnance n°93-13 du 2 mars 1993, instituant un code d'hygiène publique.

Le contexte politique des domaines de l'environnement et de l'eau est marqué par la signature et/ou la ratification par le Gouvernement du Niger, de plusieurs Conventions, Traités, Accords, Déclarations et Principes internationaux qui complètent et renforcent le cadre politique, stratégique et juridique du projet.

3.5.5. Description, analyse des variantes et présentation du projet retenu

Plusieurs variantes du projet d'aménagement hydro agricole des 150 ha dans la cuvette de Koulou existent. La présente analyse des variantes prend en compte le respect des normes d'aménagement édictées au Niger et internationalement, notamment du caractère de plus en plus communautaire des aménagements hydro agricoles, d'où une participation et une responsabilisation de plus en plus forte des producteurs et de leurs organisations (coopératives) dans la gestion de ces aménagements hydro agricoles.

Une variante sans projet et une variante avec projet ont été analysées avant de s'intéresser à des aspects particuliers de la variante avec projet. A ce niveau les analyses ont consisté à comparer : (i) Variante 1 : Aménagement canaux à ciel ouvert ; (ii) Variante 2 : Aménagement de type semi-californien (réseaux primaires et secondaires d'irrigation en conduites PVC enterrées et réseaux tertiaires à canaux à ciel ouvert en terre alimentés en eau à partir des bornes d'irrigation. Les paramètres analysés concernent les systèmes de canalisation, les systèmes d'évacuation des eaux de drainage et les systèmes d'approvisionnement en matériaux de construction.

Le projet retenu est **essentiellement** un projet d'irrigation gravitaire avec canalisation à ciel ouvert comportant entre autres : (i) 2 canaux primaires, 5 152 ml ; (ii) 1 drain principal d'une longueur de 2691 ml ; (iii) 1 digue de protection longue de 20 164 ml ; (iv) la réalisation de 80 ha de plantations le long des pistes ; (v) la réalisation de travaux de DRS/CES (cf. EIES) sur les berges des koris aboutissant dans les 150 ha, sur une longueur de 1 km à partir du fleuve, soit 30 ha au total ; (vi) la restauration de la forêt de Koulou ; (vii) l'aménagement de 10 ha de bourgoutières et la lutte contre les plantes envahissantes nuisibles.

3.5.6. Evaluation des changements/Impacts/Effets probables

Les différentes activités sources d'impacts sur l'environnement sont à analyser tant pour la phase de construction que pour la phase d'exploitation du projet à travers la matrice d'interaction potentielle adaptée de Léopold. Cette matrice représente un outil de travail qui présente les interactions entre les activités prévues aux différentes phases du projet et les éléments de l'environnement susceptibles d'être affectés. L'importance des impacts est déterminée avec les outils d'Hydro-Québec (1990) et de Fecteau (1997), notamment la grille de détermination de l'indice intensité-durée et la grille de détermination de l'importance de l'impact.

Tous les enjeux environnementaux le projet d'aménagement hydro agricole des 150 ha dans la cuvette de Koulou apparaissent prioritaires. Cette situation est liée à (i) l'état de dégradation assez avancé des écosystèmes et des ressources naturelles de la zone ; (ii) l'ampleur très marqué des effets néfastes des changements climatiques ; (iii) le caractère précaire de l'environnement de la zone et la nécessité de préserver et de restaurer le site RAMSAR du Moyen Niger ; (iv) la forte pression humaine et les besoins de plus en plus croissants en produits alimentaires et sylvo-pastoraux.

Le projet d'aménagement hydro agricole des 150 ha dans la cuvette de Koulou s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre du schéma d'aménagement hydro agricole des cuvettes et terrasses de Tanda à Koulou. Le projet présente des impacts spécifiques généralement négatifs au cours des travaux de construction du projet. Ces impacts négatifs sont pour la plus part d'importance mineure à moyenne. En phase d'exploitation, les impacts sont généralement positifs contribuant fortement à la consolidation de la situation socioéconomique et l'état de développement local, régional et national. En plus des impacts spécifiques, le projet produira des impacts cumulés et/ou cumulatifs à ceux de nombreux projets intervenant dans l'ensemble de la zone.

L'EIES n'a pas révélé d'impacts négatifs et/ou de risques susceptibles de mettre en cause la mise en œuvre du projet. Les impacts négatifs, pour la plupart, peuvent être atténués. Cependant, certains risques environnementaux, sociaux et technologiques devront permanemment retenir l'attention des équipes de gestion du projet. Les impacts positifs sont nombreux et sont majoritairement de durée permanente et d'importance majeure. Aussi ils présentent beaucoup d'opportunités de bonification.

3.5.7. Coût environnemental

Le projet d'aménagement hydro agricole des 150 ha dans la cuvette de Koulou présente des impacts spécifiques généralement négatifs au cours des travaux de construction du projet. En phase d'exploitation, les impacts sont généralement positifs contribuant fortement à la consolidation de la situation socioéconomique et l'état de développement local, régional et national. En plus des impacts spécifiques, le projet produira des impacts cumulés et/ou cumulatifs à ceux de nombreux projets intervenant dans l'ensemble de la zone.

L'EIES n'a pas identifié d'impacts négatifs susceptibles de mettre en cause la mise sous aménagement d'une partie (cuvettes et terrasses de Tanda à Koulou) ou de l'intégralité du site RAMSAR du Moyen Niger. Cependant, certains risques environnementaux, sociaux et technologiques devront permanemment retenir l'attention des équipes de gestion du projet. Les impacts positifs présentent beaucoup d'opportunités de bonification. L'atténuation et la bonification de l'ensemble de ces impacts contribueront à l'atteinte des objectifs du projet dans les délais requis. Ainsi, les mesures d'atténuation, de bonification, de compensation, de suivi

et de surveillance environnementale, à travers le Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) coûteront somme de **CINQ CENT SEPT MILLIONS TROIS CENT CINQUANTE MILLES (507 350000) FRANCS CFA**, pour une durée de dix ans. Le détail des coûts se trouve dans le rapport d'Etude d'Impact Environnemental et Social.

3.6. Plan d'Action de Réinstallation (PAR)

3.6.1. Objectifs de l'étude

La présente étude vise une meilleure prise en compte des préoccupations environnementales et sociales, l'atténuation des impacts et risques liés au déplacement et à la réinstallation des populations affectées ainsi les dédommagements, compensations de leurs terres et autres biens et services susceptibles d'être perdus, dans le cadre de l'exploitation des 150 ha à Koulou. Il s'agit de renforcer la prise en compte des préoccupations sociales et économiques dans le cadre de la mise en œuvre du schéma d'aménagement des cuvettes et terrasses le long du fleuve Niger dans les zones de Tanda, Sia à Koulou, surtout en ce qui concerne l'aménagement des 150 ha à Koulou, conformément à la réglementation du Niger et aux conditions particulières de la zone d'influence du projet.

Le PAR rentre donc dans le cadre de l'élaboration des dossiers techniques d'aménagement hydro agricole de 150 ha net à Koulou dans la même zone (APS, APD, DAO, EIES). L'objectif général assigné à l'élaboration du PAR est de contribuer à l'amélioration de la sécurité alimentaire et l'augmentation des revenus des populations de la zone.

3.6.2. Approche méthodologique

L'élaboration du Plan Action de Réinstallation a consisté à préciser si effectivement les populations identifiées seront déplacés, rendant ainsi nécessaire leur réinstallation dans des sites plus sécurisés et suivant leur volonté et la compensation de beaucoup de biens et services perdus. Une évaluation sociale a été réalisée afin d'identifier les personnes qui seront affectées par le projet d'aménagement des 150 ha en évaluant leurs biens et services, leurs revenus qui seront perdus totalement ou partiellement. Ces biens et services concernent tous biens et services que les populations affectées ne peuvent transporter lors du déplacement. Un inventaire des personnes et de leurs biens et services, capitaux individuels et/ou communautaires (terres, infrastructures, etc.), a été réalisé ainsi que leurs activités génératrices de revenus qui seront affectés. Les différences entre les utilisateurs/exploitants et les propriétaires, notamment de terres ont été prises en compte.

Les résultats de cette étude sont entre autres : (i) les dossiers d'aménagement particulièrement, notamment le PAR du périmètre de 150 ha sont disponibles ; (ii) les populations directement affectées et déplacées du fait du projet sont réinstallées dans des sites sécurisés et indemnisées conformément à la réglementation en vigueur et, elles ont démarré leurs activités économiques et sociales en synergie avec les communautés d'accueil ; (iii) des améliorations tangibles de la situation économique et du bien être social des personnes et communautés touchées sont observées.

L'approche méthodologique d'élaboration du PAR s'inscrit dans un processus participatif et itératif. Elle s'appuie sur les consultations déjà effectuées pendant les études de faisabilité du

projet, notamment celles de l'Evaluation Environnementale Stratégique et de l'étude d'Impact Environnemental et Social. Ainsi, pour atteindre les objectifs visés, l'approche méthodologique s'est appuyée sur l'exploitation des études de Tecsalt, les rapports de missions et d'avancement du P_KRESMIN, de l'élaboration du schéma d'aménagement hydro agricole des cuvettes et terrasses de Tanda à Koulou, de l'étude de faisabilité du projet d'aménagement hydro agricole des 150 ha dans la cuvette de Koulou, du PAR du programme Kandadji. La démarche méthodologique a comporté les phases suivantes que sont : (i) une phase de préparation comportant une revue documentaire ; (ii) une phase de terrain ; et, (iii) une phase de synthèse pour l'analyse, le traitement de données et la rédaction du rapport.

Pour assurer le caractère participatif et itératif de l'étude, le consultant a impliqué les différents acteurs communaux et départementaux (Autorités administratives et coutumières, services techniques régionaux, départementaux et communaux, ONG, coopératives et populations locales), afin de faciliter l'appropriation du processus et des résultats par l'ensemble des acteurs, notamment les populations affectées. Ainsi, il a été appuyé par une équipe locale de recensement des personnes et d'inventaire des terres (parcelles individuelles et collectives), des biens et services dont les membres ont été désignés par l'assemblée générale tenue au Koulou le 19 mai 2016.

Le projet d'aménagement des 150 ha dans la cuvette de Koulou entraîne le déplacement et la réinstallation de peu de personnes (268), mais plusieurs personnes seront affectées à travers la perte de leurs biens et services, notamment leurs terres agricoles et leurs pâturages. Par conséquent, le présent document est essentiellement un Plan d'Action de Réinstallation (PAR) lié à un déplacement économique et physique.

Le PAR est inclusif et vise entre autres à : (i) assurer qu'il est prévu une assistance aux personnes déplacées/affectées ou menacées quel que soit leur légitimité par rapport à l'occupation foncière ; (ii) Fournir une assistance aux personnes directement affectées pour leur permettre de se réinstaller, de reconstituer et d'améliorer leurs revenus et leur niveau de vie ; (iii) Elaborer un Plan d'Action de Réinstallation là où le déplacement et les pertes de biens et services sont inévitables, en concevant cette opération comme un programme de développement ; (iv) Assurer une assistance au processus de déplacement, de réinstallation et de compensation des biens et services des populations touchées ; (v) Encourager la participation communautaire dans la planification et la réalisation du déplacement et/ou de la compensation des biens et services perdus ; (vi) Aider à intégrer socialement et économiquement les personnes déplacées/affectées dans les communautés –hôtes et dans le tissu économique local.

3.6.3. Déplacement, indemnisation/compensations et réinstallation

La législation nigérienne reconnaît la propriété officielle (avec titre) et la propriété coutumière. Toute personne affectée par le projet, qui est propriétaire (légal ou coutumier) et qui a été recensée, est considérée éligible aux indemnisations prévues. La Politique de la Banque mondiale et la norme de performance de l'IFC, en matière de déplacement involontaire de populations vont plus loin en reconnaissant comme éligibles les détenteurs d'un droit formel sur les terres y compris les droits coutumiers et traditionnels reconnus par la législation du pays, les personnes qui n'ont pas de droit formel sur les terres au moment, les personnes qui

n'ont ni droit formel ni titres susceptibles d'être reconnus sur les terres qu'elles occupent. Ainsi, la procédure d'élaboration et de mise en œuvre du PAR s'applique à toutes les personnes affectées, quel que soit leur statut, qu'elles aient ou non des titres formels, des droits légaux ou des droits coutumiers, en autant qu'elles occupaient les lieux avant la date limite d'éligibilité arrêtée d'un commun accord avec les populations affectées et approuvée par le Gouvernement du Niger conformément aux conclusions du Commissaire enquêteur.

Le recensement des Personnes Affectées par le Projet (PAP), l'inventaire des terres, des biens et autres services susceptibles d'être perdus, de la zone d'influence directe du projet ont été réalisés du 15 mai au 04 juin 2016.

Les barèmes, les normes et les coûts unitaires sont largement référenciés sur ceux établis dans le cadre du Programme « Kandadji ».

Le recensement des personnes à déplacer a concerné le seul hameau de Tandamaré situé sur la cuvette de Koulou, sur les 150 ha à aménager et/ou dans son emprise. Cette population totalise 268 personnes regroupé au sein de 36 ménages, soit 7,43 personnes /ménage. Cette population est composée de 15,51% d'hommes actifs, 20% de femmes actives et 64,49% d'enfants ;

L'inventaire des terres et des biens et services qui les sont liés concerne les populations qui sont propriétaires légitimes des terres des 150 ha et des emprises possibles du chantier. Il associe un recensement des populations indirectement affectées par le biais des ménages propriétaires et exploitants de ces terres. Ces travaux d'inventaires des terres et de recensement des populations indirectement affectées ont concernés les villages de Koulou, Albora koira, August koira, Bani Gourou, Koukouroutou koira, Doubal et le hameau de Tandamaré. La superficie brute des terres inventoriées est de 319,19 ha. L'inventaire des terres (parcelles individuelles et collectives) et des biens et services qui les sont liés, donnent : (i) 294,48 ha de terres qui constituent la propriété légitime des ménages enregistrés. Sur cette superficie, 130,73 ha ont été effectivement cultivés en 2015 ; (ii) 2787 personnes sont directement et indirectement affectées par un éventuel retrait des terres des 150 ha et/ou emprises. Parmi ces populations, 24,15% sont des femmes contre 50,34% d'enfants ; (iii) 113 ménages ont effectivement des terres sur le site des 150 ha et/ou emprises.

Les populations vulnérables sont les 24,15% de femmes, les 50,34% d'enfants et surtout les 27 veuves qui ont été récentes. La répartition du surplus de terres aménagées doit mettre prioritairement au bénéfice de ces populations vulnérables dans la proportion de 3 à 40%.

Beaucoup institutions interviendront dans la réalisation du projet d'aménagement des 150 ha en général et dans la mise en œuvre du PAR en particulier. La supervision et la coordination seront assurées par : (i) le Comité de Pilotage du projet dont la composition sera fixée conformément à la réglementation en vigueur ; (ii) le Comité Interministériel ; (iii) l'Unité d'Exécution du Projet (UEP) ; (iv) la Commission de conciliation.

Pour les bâtis individuels/familiaux, il est convenu une indemnisation pécuniaire directe aux propriétaires qui vont les reconstruire sur le site convenu d'un commun accord. Le paiement des indemnités aux propriétaires sera effectué suivant un calendrier précis arrêté d'un commun accord avec les concernés. L'indemnisation et le dédommagement des bâtis et des équipements qui les sont liés, dans le hameau de Tandamaré coûteront au total 72 997 150F CFA ;

Les besoins en terres d'habitats de réinstallation et les réserves foncières sont évalués une superficie totale de 4,02 ha. Les coûts d'acquisition des terres des sites de réinstallation des

populations déplacées, de la base vie et de la cité du maître d'ouvrage, qui seront basés sur le prix du marché, seront déterminés au cas par cas. Les indemnités d'appui au déplacement coûteront un total de 6 700 000F CFA ;

Les 112 ménages affectés exploitent 294,51 ha de terres non aménagées qui pourront être compensés avec 122,32 ha de terres aménagées ;

Une indemnité de subsistance et d'intégration dans la vie socioéconomique équivalant à six (6) mois de rations alimentaires des ménages affectés (déplacés, propriétaires et exploitants des terres affectées) est évaluée à une somme de 160 387 500F CFA ;

En plus des 122,32 ha de terres aménagées qui seront attribuées aux populations affectées (propriétaires et exploitants des terres), les 4,02 ha de terres consacrées à la réinstallation des populations déplacées, la mise en œuvre du PAR coûtera environ 240 084 650F CFA.

De nombreux conflits et plaintes peuvent survenir pendant le processus d'élaboration et de mise en œuvre du PAR. Ces conflits opposeront l'Etat, élus, autorités traditionnelles, propriétaires terriens légitimes et les exploitants (agriculteurs, éleveurs, pêcheurs, exploitants forestiers, etc.) autochtones et allochtones, exploitants entre eux. Le mécanisme de résolution pacifique des conflits, très développé dans les sociétés nigériennes, doit être privilégié dans leur résolution.

La mise en œuvre du PAR est envisagée pendant une période indicative de Douze (12) mois. Le suivi et l'évaluation constituent des composantes très importantes des actions de déplacement et de réinstallation envisagées dans le présent PAR. Ce suivi – évaluation est bâti sur une batterie d'indicateurs partagés et acceptés par le maximum d'acteurs, permettant une forte implication des populations affectées.

3.6.4. Coûts et Impacts du PAR

Les coûts du PAR se résument suivant ci – dessous.

Tableau 14 : Résumé des coûts du PAR

Désignations	Coûts (F CFA)
Préjudices et dommages sur les bâtis de Tintamarré :	71 507 150
Préjudices et dommages sur les équipements de Tandamaré :	1 490 000
Indemnités d'appui au déplacement des populations affectées de Tintamarré	6 700 000
Indemnités de subsistance des populations affectées pendant trois (3) mois	160 387 500
Fonctionnement de l'administration du projet	PM
TOTAL	240 084 650

Source : Etude PAR du Projet d'aménagement hydro agricole des 150 ha dans la cuvette de Koulou

4. ETUDE D'AMENAGEMENT

4.1. Système d'irrigation

Le système d'irrigation pratiqué dans la zone est un système entièrement gravitaire par submersion et ruissellement. L'aménagement hydro – agricole proposé s'insère dans le schéma d'aménagement des cuvettes et terrasses de Tanda à Koulou. L'étude technique de cet aménagement respecte les normes techniques adoptées par les anciennes études de moyens et grands périmètres irrigués au Niger et se place dans la logique d'une exploitation rationnelle des ressources en eau et en terres irrigables.

Au niveau de la phase 1 (Etudes d'Avant Projet Sommaire), deux variantes d'aménagement ont été retenues à savoir :

- Variante 1 : Aménagement canaux à ciel ouvert ;
- Variante 2 : Aménagement de type semi-californien (réseaux primaires et secondaires d'irrigation en conduites PVC enterrées et réseaux tertiaires à canaux à ciel ouvert en terre alimentés en eau à partir des bornes d'irrigation.

La présente phase 2 (APD) est établie sur la base de la variante de l'étude APS choisie par le Maître d'Ouvrage à savoir la variante 1 : aménagement canaux à ciel ouvert.

4.2. Normes de conception du périmètre de Koulou

Pour l'élaboration des normes de conception des canaux, drains et digues de protection ci-dessous, l'Ingénieur Conseil s'est inspiré du référentiel technique adopté par les anciennes études de moyens et grands périmètres irrigués au Niger.

4.2.1. Les canaux d'irrigation

Dans le cas de l'irrigation gravitaire, le réseau d'irrigation sera essentiellement composé de canaux de section trapézoïdale à ciel ouvert, avec :

- Les canaux primaires et secondaires revêtus en béton légèrement armé ;
- Les canaux tertiaires en terre ou revêtus si longueur est supérieure à 300 m;
- Les rigoles d'irrigation (canaux quaternaires) en terre.

Le Tableau 15 ci-dessous récapitule les caractéristiques retenues pour la conception du réseau d'irrigation. Ces caractéristiques sont celles du référentiel technique cité plus haut.

Tableau 15 : Caractéristiques du réseau d'irrigation

Caractéristiques	Canal primaire	Canaux secondaires	Canaux tertiaires
Pente longitudinale (m/km ou ‰)	0,1 à 0,5	0,20 à 1	0.20 à 0.40
Coefficient de rugosité	60	60	35
Vitesse minimale (m/s)	0,30	0,30	0,30
Vitesse maximale (m/s)	1,5	1,5	0,80

Caractéristiques	Canal primaire	Canaux secondaires	Canaux tertiaires
Largeur au plafond (m)	Variable	Variable	Variable
Hauteur maximale (m)	Variable	Variable	Variable
Revanche d'eau (cm)	20	15	20
Largeur en crête des cavaliers (m)	0,70	0,50	0,50
Revêtement Béton légèrement Armé (cm)	10	10	-
Talus intérieurs	1/1	1/1	3/2
Talus extérieurs	3/2	3/2	3/2

NB : Talus extérieurs = 3/2 (3m de base pour 2 m de haut)

4.2.2. Le réseau de drainage

Les drains seront dimensionnés en considérant les critères présentés dans le Tableau16.

Tableau 16 : Critères de dimensionnement des drains internes

Désignation des paramètres	Valeurs usuelles de projet
Coefficient de rugosité	25
Vitesses minimales (m/s)	0,4
Vitesses maximales (m/s)	0,8
Revanche (m)	0,3
Largeur au plafond	Variable
Talus intérieurs	3/2

Les drains sont dimensionnés pour évacuer en 3 jours une pluie exceptionnelle de 100 mm auxquels il faut retrancher 25 mm pour l'évaporation et la percolation (8 mm/j) :

$$Q = \frac{(100 - 25) \times 10m^3 / ha}{(3600 \times 24 \times 3)} = 2.9l / s / ha$$

Un module d'assainissement de 2,9 l/s/ha sera retenu pour le dimensionnement du réseau de drainage.

4.2.3. La digue de protection

Pour la détermination des plans d'eau au droit des sites d'aménagement, nous disposons des données de la station de Malanville située à environ 80 km de Koulou. Ces données à elles seules ne suffisent pas pour prédire les cotes maxima (calage des digues de protection) et minima (calage des bâches de pompage) dans la zone du projet. La détermination des lignes d'eau du fleuve Niger en crue entre le village de Bombodji et la ville de Malanville ont effectuées avec le logiciel HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) version 4.1.0. L'étude complète de la modélisation hydraulique des écoulements du fleuve Niger de Bombodji (situé à environ 20 km en amont de Koulou) à Malanville est fournie en Annexe 1. Cette étude a permis d'apprécier l'impact de l'endiguement des nouveaux périmètres sur le rehaussement de la ligne d'eau par rapport à la situation actuelle. Le rehaussement moyen de la ligne d'eau est d'environ 60 cm.

La cote de calage de la digue de protection prend alors en compte, d'une part les résultats de cette étude de modélisation hydraulique qui donnent, au droit du site et en année humide centennale la cote du plan d'eau et d'autre part d'une revanche de 0,30 m qui a été retenue.

Les autres critères de dimensionnement de la digue de protection et les cotes maxi de plan d'eau au droit des sites sont consignés dans le Tableau 17 ci-dessous.

Tableau 17 : Critères de dimensionnement de la digue de protection

Désignation des paramètres	Valeurs usuelles
Plan d'eau maxi au droit du site, en année centennale humide (m+) au PK0	166,60
Plan d'eau maxi au droit du site, en année centennale humide (m+) au PK 19,875	165,00
Revanche (m)	0,30
Largeur en crête avec revêtement (m)	3,00
Couche de roulement en latérite d'au moins 20cm	0,20
Talus côté fleuve	2,5/1
Talus côté périmètre	2/1

4.2.4. Digue de ceinture

Les eaux sauvages proviennent pour l'essentiel des bassins versants situés au nord de la cuvette de Koulou et drainés par un bras du fleuve Niger. Les bassins proches du périmètre de Koulou sont drainés par les koris de Auguste Kwara 1 et Albora Kwara. La crue des koris en année décennale est très importante (auguste Kwara 1 = 20,2 m³/s et Alboira Kwara = 10,4 m³/s) et de loin supérieure à la capacité de pompage de la station mixte de Koulou (0,45 m³/s). Pour éviter les inondations du périmètre de Koulou par les eaux sauvages, le Consultant a prévu alors la réalisation d'une digue de ceinture sur 8 046 m (cf. plan d'aménagement) et d'un ouvrage de franchissement sur la digue de protection pour permettre la vidange de ces eaux sauvages dans le fleuve Niger.

4.2.5. Les pistes de dessertes

Les pistes principales de desserte du périmètre sont accolées aux cavaliers des canaux primaires (piste d'accès à Koulou) et sur le tronçon aval de la digue de protection (PK 18,7 à PK 19,875). Les pistes secondaires longent le canal secondaire CS1.1 et les drains tertiaires. Les pistes seront confectionnées généralement à 30 cm au-dessus du niveau du terrain naturel. Les pistes principales auront une largeur de 5 m et les pistes secondaires auront 4 m de largeur. Une couche de roulement de latérite d'une épaisseur de 15 cm sera posée sur les pistes principales et 10 cm sur les pistes secondaires de desserte.

4.3. Plan de l'aménagement

Le découpage hydraulique et le tracé des canaux et drains ont été réalisés à partir des résultats de l'étude topographique et se fondent, autant que possible, sur les principes d'aménagement suivants :

Le découpage hydraulique a été réalisé à partir de levés topographiques au 1/2000 de la plaine. Les canaux primaires sont situés sur la zone haute du périmètre, les canaux tertiaires suivent en général les courbes de niveau, par contre le canal secondaire est un canal en pente.

Le réseau de drainage suit généralement les dépressions et évacue hors du périmètre :

- Les eaux de pluie excédentaires tombées sur le périmètre;
- Les eaux de ruissellement provenant de l'extérieur du périmètre;
- Les eaux d'irrigation excédentaires provenant des fausses manœuvres des conduites de l'irrigation et des vidanges avant les récoltes.

Il est constitué des drains tertiaires implantés en limite des quartiers hydrauliques pour le drainage des parcelles, de drains secondaires positionnés de manière à collecter les eaux conduites par les drains tertiaires et des drains primaires servant d'exutoire aux drains secondaires.

La mise en application de ces principes a permis d'établir le schéma général d'aménagement (cf. Figure 7 ci-après). La superposition de ce schéma sur la carte topographique a permis d'exclure les zones à relief fortement accidenté et les zones à sols inaptes.

Après vérification des contraintes topographiques et pédologiques, le découpage hydraulique d'AGROTECHNIK de 1992 a été amendé, le canal secondaire CS1.1 et le sous drain secondaire DS2.1 ont été supprimés et prolongement des canaux tertiaires CT2.1G, CT2.2G et CT2.3g pour irriguer des superficies plus importantes en rive gauche du CP2. L'aire géographique retenue pour être irriguée gravitairement couvre environ 150,24 ha de superficie nette. Le réseau projeté (cf. dossier plan) comprend:

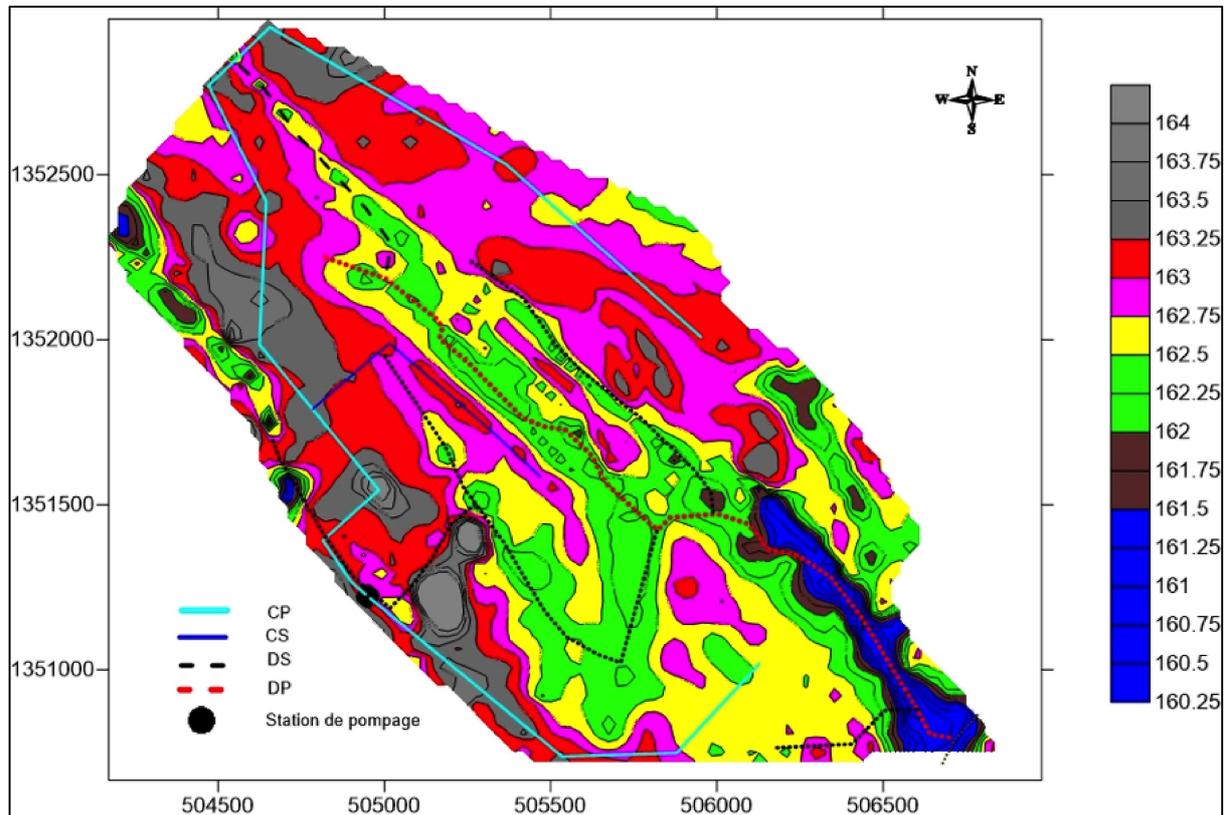
- 2 canaux primaires, CP 1 (3 692 m) et CP2 (1460 m), totalisant 5 152 ml ;
- 1 drain principal d'une longueur de 2593 ml ;
- 1 digue de protection longue de 19 875 ml ;
- 1 Digue de ceinture longue de 8 046 ml ;
- 1 canal secondaire CS1.1 d'une longueur de 910 ml ;
- 4 drains secondaires (DS1, DS2, DS3, et DS4) et un sous drain secondaire DS2.S1d, totalisant 5 014 ml ;
- 23 canaux tertiaires, totalisant 5 779 ml ;
- 30 drains tertiaires, totalisant 8 059 ml.

La nomenclature générale adoptée est la suivante :

- CP2, désigne le canal principal 2 du périmètre de Koulou;
- CS1.1; désigne le premier canal secondaire sur le canal principal 1;
- CT1.1.3D, le premier chiffre correspond au numéro du canal primaire, le deuxième chiffre le numéro du canal secondaire et le troisième chiffre le numéro d'ordre du canal tertiaire avec précision de la position (gauche ou droite) ;
- DT, DS et DP désignent respectivement les drains tertiaire, secondaire et primaire ;
- DP, désigne le drain principal du périmètre ;
- DS2, le premier chiffre correspond au numéro d'ordre du drain secondaire ;
- DT1.2D: Le premier chiffre correspond au numéro du drain secondaire, le deuxième chiffre le numéro d'ordre du drain tertiaire avec précision de la position (gauche ou droite) ;

Pour les drains tertiaires qui débouchent dans un sous drain secondaire ; Le premier chiffre correspond au numéro du drain secondaire, le deuxième chiffre le numéro d'ordre du sous drain secondaire et le troisième chiffre le numéro d'ordre du drain tertiaire avec précision de la position (gauche ou droite). Le DT2.1.4G, désigne le quatrième drain à droite du sous drain secondaire DS2.1.

Figure 7 : Plan d'aménagement canaux à ciel ouvert avec fond topographique



5. CALAGE ET DIMENSIONNEMENT DES OUVRAGES

5.1. Calage et dimensionnement du réseau d'irrigation et de drainage

5.1.1. Canaux d'irrigation

Le dimensionnement consiste à déterminer les caractéristiques géométriques des canaux. L'écoulement dans le canal primaire et les canaux secondaires est un écoulement permanent non uniforme (graduellement varié). Ils sont dimensionnés en utilisant la formule de Manning Strickler :

$$Q = K_s \times S \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

- Q : débit en m³/s;
Ks : coefficient de rugosité ;
S : section mouillée en m² ;
R : rayon hydraulique en m ;
I : pente hydraulique.

Le calage des lignes d'eau dans les canaux d'irrigation est déterminé de l'aval vers l'amont comme suit :

Détermination de la cote de référence Z₀

Pour l'ensemble des îlots (parcelles), la cote considérée est, par mesure de sécurité, la cote maximum disponible observée, déduction faite des singularités topographiques présentant des pics ponctuels et localisés.

Détermination de la cote Z₁ du plan d'eau maximum dans la parcelle

Pour les parcelles, on admet une lame d'eau maximum de 20 cm (riziculture) ou nulle (polyculture).

$$Z_1 = Z_0 + 20 \text{ cm (ou 0 cm)}$$

Détermination de la cote Z₂

Le plan d'eau nécessaire dans le canal secondaire, au droit de la prise d'eau du canal tertiaire, est déterminé à partir de :

$$Z_2 = Z_1 + \Delta H$$

ΔH = pertes de charges (pdc) de la prise rigole + pdc prise tertiaire

Détermination de la cote de la ligne d'eau du canal secondaire

Les cotes Z₂ ainsi déterminées pour tous les canaux tertiaires constituent une distribution de points, dont la droite enveloppe supérieure représente la limite minimale du plan d'eau dans le canal secondaire.

Détermination de la cote de la ligne d'eau du canal primaire

Les cotes Z3 (plan d'eau nécessaire dans le canal primaire au droit de la prise d'eau du canal secondaire) ainsi déterminées pour tous les canaux secondaires constituent une distribution de points, dont la droite enveloppe supérieure représente la limite minimale du plan d'eau dans le canal primaire.

L'évolution de la ligne d'eau du CP1 et des contraintes hydrauliques des canaux secondaires et tertiaires est fournie sur la Figure 8 et le calage et dimensionnement hydraulique du dit canal est consigné dans le Tableau 18. Le calage et dimensionnement des canaux est fourni en **Annexe 2**.

5.1.2. Réseau de drainage

Les caractéristiques géométriques ont été calculées également à partir de la formule de Manning Strickler.

Le calage des drains suit les principes ci-après :

- Lecture sur le plan topo au 1/2000 de la cote la plus basse sur la parcelle drainée par chacun des drains tertiaires ;
- Calage du fond du drain tertiaire à une cote inférieure de 50 cm sous la cote définie ci-dessus ;
- Calage du fond des drains secondaires en tenant compte de la contrainte de cote imposée aux débouchés des drains tertiaires et de la section nécessaire pour transiter les débits projetés ;
- Calage du fond du drain principal en tenant compte de la contrainte de cote imposée aux débouchés des drains secondaires et de la section nécessaire pour transiter les débits projetés.

Le calage et dimensionnement hydraulique du drain primaire et des drains secondaires est fourni en **Annexe 3**.

Le réseau de drainage a pour exutoire le fleuve Niger. Suivant les niveaux d'eau du fleuve, les eaux excédentaires sont évacuées soit gravitairement ou soit par pompage. En étiage, lorsque les niveaux d'eau dans le fleuve sont bas, elles sont évacuées vers le fleuve à travers le débouché du drain principal sous la digue de protection équipé de vanne à crémaillère. En période de hautes eaux, l'évacuation gravitaire des eaux de drainage est impossible, les vannes à sont alors fermées et les eaux excédentaires sont dirigées vers la station de pompage mixte (qui assure l'irrigation et le drainage) qui permet un refoulement de ces eaux excédentaires soit dans le réseau d'irrigation de Koulou ou soit dans le fleuve Niger.

Figure 8 : Comparaison ligne d'eau CP1 et contraintes hydrauliques CS et CT

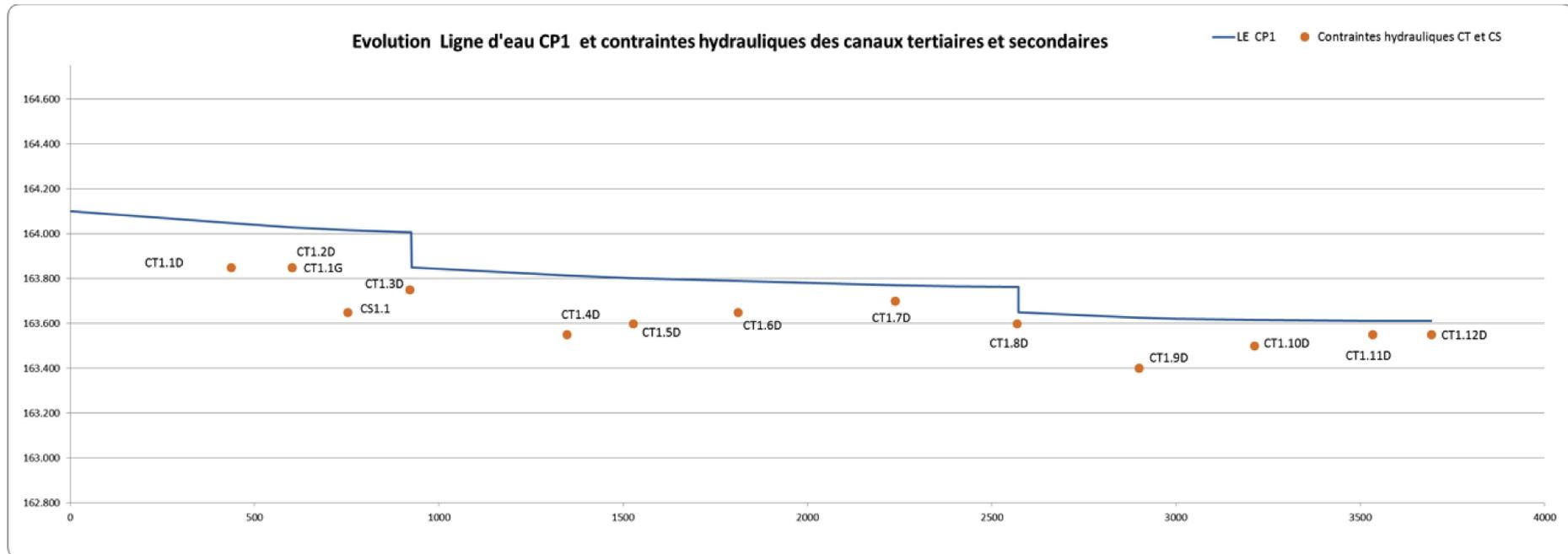


Tableau 18 : Calage et dimensionnement du CP1

		Long	Q pointe (L/s/ha)		3																
CP1		3692.05																			
				Ks = 60																	
P.M	Canal	Longueur	Tn max	Surface irriguée	Débit Prélevé	Débit cumulé	h	b	m	A	P mouillé	Pente energie	Cote fond	PE Qmax	Contraintes	Différence de charge	Pente Fond canal	Vitesse	Cote Cavalier		
(m)	Tertiaire	(m)	(m)	(ha)	(m³/s)	(m³/s)	(m)	(m)		(m²)	(m)	(cm/km)	Projet	projet	Canaux Tertiaires et secondaire	(m)	(cm/km)	(m/s)	(m)		
0						0.3130	0.65	0.8	1	0.943	2.638	12.084	163.450	164.100			10.0	0.33	164.30		
200						0.3130	0.65	0.8	1	0.934	2.627	12.391	163.430	164.076			10.0	0.34	164.28		
435.82	CT1.1D	370.94	163.50	8.93	0.02679	0.2862	0.64	0.8	1	0.922	2.611	10.720	163.406	164.047	163.85	0.197	10.0	0.31	164.25		
601.71	CT1.1G	170.51	163.50	4.96	0.01488	0.2713	0.64	0.8	1	0.920	2.607	9.704	163.390	164.029	163.85	0.179	10.0	0.30	164.23		
601.71	CT1.2D	233.52	163.50	7.29	0.02187	0.2494	0.64	0.8	1	0.920	2.607	8.203	163.390	164.029	163.85	0.179	10.0	0.27	164.23		
752.08	CS1.1			10.12	0.03036	0.2191	0.64	0.8	1	0.925	2.615	6.224	163.375	164.016	163.65	0.366	10.0	0.24	164.22		
920.7	CT1.3D	379.04	163.40	11.59	0.03477	0.1843	0.65	0.8	1	0.938	2.633	4.239	163.358	164.006	163.75	0.256	10.0	0.20	164.21		
925.7	Giraudet 1					0.1843	0.65	0.8	1	0.939	2.634	4.232	163.357	164.006			10.0	0.20	164.21		
925.8	Giraudet 1					0.1843	0.60	0.6	1	0.720	2.297	8.547	163.250	163.850			10.0	0.26	164.05		
1346.84	CT1.4D	381.73	163.20	7.14	0.02142	0.1629	0.61	0.6	1	0.731	2.314	6.409	163.208	163.814	163.55	0.264	10.0	0.22	164.01		
1526.57	CT1.5D	160.43	163.25	5.76	0.01728	0.1456	0.61	0.6	1	0.743	2.333	4.908	163.190	163.802	163.60	0.202	10.0	0.20	164.00		
1811.02	CT1.6D	91.40	163.30	1.58	0.00474	0.1409	0.63	0.6	1	0.769	2.374	4.180	163.161	163.789	163.65	0.139	10.0	0.18	163.99		
2237.08	CT1.7D	162.69	163.35	5.11	0.01533	0.1255	0.65	0.6	1	0.816	2.444	2.837	163.119	163.771	163.70	0.071	10.0	0.15	163.97		
2400						0.1255	0.66	0.6	1	0.838	2.477	2.639	163.103	163.766			10.0	0.15	163.97		
2568.22	CT1.8D	278.61	163.25	9.28	0.02784	0.0977	0.68	0.6	1	0.862	2.512	1.482	163.086	163.762	163.60	0.162	10.0	0.11	163.96		
2573.22	Giraudet 2					0.0977	0.68	0.6	1	0.863	2.513	1.478	163.085	163.762			10.0	0.11	163.96		
2573.32	Giraudet 2					0.0977	0.55	0.3	1	0.468	1.856	7.621	163.100	163.650			10.0	0.21	163.85		
2899.37	CT1.9D	314.65	163.05	9.85	0.02955	0.0681	0.56	0.3	1	0.478	1.878	3.487	163.067	163.625	163.40	0.225	10.0	0.14	163.83		
3000						0.0681	0.56	0.3	1	0.488	1.896	3.313	163.057	163.622			10.0	0.14	163.82		
3212.64	CT1.10D	242.37	163.15	8.50	0.0255	0.0426	0.58	0.3	1	0.508	1.936	1.163	163.036	163.615	163.50	0.115	10.0	0.08	163.81		
3533.39	CT1.11D	293.71	163.20	9.21	0.02763	0.0150	0.61	0.3	1	0.550	2.016	0.117	163.004	163.611	163.55	0.061	10.0	0.03	163.81		
3692.05	CT1.12D	281.16	163.20	5.00	0.015	0.0150	0.62	0.3	1	0.574	2.061	0.104	162.988	163.611	163.55	0.061	10.0	0.03	163.81		
		3360.76		104.32																	

5.2. Dimensionnement des ouvrages

5.2.1. Prise canal primaire

Chaque canal principal est alimenté par une vanne plate à crémaillère de dimension 1 m x 1 m, installée à l'aval de la station de pompage.

5.2.2. Prise secondaire

La prise du canal secondaire CS1.1 est équipée de module à masque type X2 30. Ce type d'ouvrage permet de mesurer les débits à l'entrée du canal secondaire. Le calage de la prise du canal secondaire CS1.1 est fourni en **annexe 4**.

5.2.3. Prises tertiaires

Les prises tertiaires seront équipées de module à masque type X2 car le marnage est assez important dans les canaux primaires à l'amont des ouvrages de régulation. Ce type d'ouvrage permet de mesurer les débits à l'entrée des canaux tertiaires. Le calage des prises tertiaires est fourni en **annexe 4**.

5.2.4. Prises de rigoles

Les prises de rigoles sont de petits ouvrages préfabriqués équipés de vannettes métalliques, qui alimentent les rigoles de distribution. Elles sont constituées d'une tête amont en béton armé et d'un PVC Ø 200 traversant le cavalier du canal tertiaire. Il a été retenu en moyenne, une prise de rigole pour 1 hectare.

5.2.5. Régulateurs sur canaux primaires

L'ouvrage de régulation est un seuil déversoir transversal ou trapézoïdal (bec de canard). Il sera équipé de vannette de vidange.

5.2.6. Régulateur sur canal tertiaire

Des régulateurs (écran batardable) seront implantés le long des canaux tertiaires à pente assez forte afin d'atténuer les volumes de terrassement.

5.2.7. Déversoir de sécurité

Des ouvrages de sécurité par déversement seront placés à l'extrémité des canaux primaires et du canal secondaire. Le dimensionnement du déversoir de sécurité a été fait sur la base de l'évacuation de 20 % du débit en tête du canal. Le déversoir de sécurité sera équipé de vannette de vidange. Le calage et dimensionnement des déversoirs de sécurité sont fournis en **annexe 4**.

5.2.8. Débouché de drain tertiaire dans le drain secondaire

Cet ouvrage permet l'évacuation des eaux de drainage du drain tertiaire vers le drain secondaire. Il est constitué d'une rangée de tuyaux PVC Ø 200, mise en place perpendiculairement à la piste du drain secondaire.

5.2.9. Débouché drain secondaire dans le drain primaire

Cet ouvrage permet l'évacuation des eaux de drainage du drain secondaire vers le drain primaire. Il est constitué par des buses en béton armé Ø 500, mises en place perpendiculairement à la piste du drain primaire et protégées par des enrochements en amont et aval.

5.2.10. Ouvrage équipé de vannes pour débouché du drain principal

Le débouché du drain principal sera équipé de vanne plate à crémaillère de dimension 1,2 m x 1,2 m permettant d'évacuer les eaux de drainage et de ruissellement provenant du périmètre tout en s'opposant en période des hautes eaux du fleuve Niger à la remontée du plan d'eau dans le périmètre.

L'ouvrage est constitué :

- D'une tête amont en béton ;
- D'un double dalot 1 m x 1 m en béton armé;
- Et d'une vanne plate à crémaillère.

5.2.11. Franchissement sur drain principal

Le franchissement sur le drain primaire est un dalot en béton armé (cf. dossier plan).

5.2.12. Franchissement sur digue de protection

Le franchissement sur la digue de protection dans le fleuve Niger est un triple dalot (3 x 2,5m x 3 m) en béton armé, le plan détaillé de l'ouvrage est fourni dans le dossier des plans. Il permet aussi la vidange des eaux sauvages (de ruissellement) provenant des koris d'Auguste Kwara 1 et Albora Kwara dans le fleuve Niger. Les notes de calcul de ce franchissement sont fournies en **annexe 9**.

6. ETUDE DE LA STATION DE POMPAGE ET D'EXHAURE

6.1. Estimation des besoins de pointe

Les besoins en eau d'irrigation varient au cours de la saison agricole, en fonction des surfaces mises en valeur, du stade de développement des cultures et de l'évolution de la demande climatique en eau. Ainsi, pour un même stade de développement, les besoins en eau d'une parcelle de riz pendant l'hivernage seront inférieurs aux besoins en eau d'une parcelle de riz en saison sèche. De même, pour des conditions météorologiques identiques, les besoins en eau d'une culture de riz au stade de repiquage seront inférieurs aux besoins en eau du riz à un stade plus tardif (tallage ou floraison par exemple). L'interaction continue entre stade de développement de la culture et demande climatique en eau (i.e. l'évapotranspiration) détermine les quantités d'eau nécessaires à la couverture des besoins journaliers des cultures.

La connaissance du pic de besoin en eau d'irrigation est nécessaire à deux titres. D'une part, les besoins de pointe constituent les débits de référence à partir desquels la station de pompage et les canaux et ouvrages d'irrigation sont théoriquement dimensionnés. D'autre part, la comparaison des besoins de pointe avec les débits disponibles en tête de réseau permet de juger de la capacité des ressources disponibles à couvrir la demande maximale en eau des cultures.

Les débits de pointe ont été calculés sur la base d'une durée maximale de 10 heures d'irrigation par jour. Ils sont observés en mars pour la saison sèche et octobre pour la campagne de saison hivernale. Les détails des résultats calcul des besoins de pointe sont consignés dans l'**Annexe 5**.

Les débits retenus pour le dimensionnement de la station de pompage sont ceux de la saison sèche.

Tableau 19 : Débits de pointe au niveau de la station de pompage de Koulou

Saison	Débit de la station de pompage Koulou (l/s)
Riz hivernage	330
Riz saison sèche	470

6.2. Détermination de la Hauteur Manométrique Totale (HMT)

6.2.1. Cotes mini d'aspiration

La cote mini d'aspiration ou niveau des plus basses eaux du fleuve est de 158,80 m. Cette cote représente la cote mini du lit mineur du fleuve Niger au droit de la station de pompage (158,20 m) majorée d'un tirant d'eau mini de 0,6 m. A titre de comparaison, le niveau des plus basses eaux fourni par l'étude AGROTECHNIK de 1992 est d'environ 158,60 m au droit de la station de pompage et le plan d'eau observé en période d'étiage le 09 mai 2016 au droit de la station de pompage lors des levés des profils en travers du fleuve Niger est d'environ 159,60 m.

Pour la gamme des pompes « Flygt » bien connues dans la zone, il faut un tirant d'eau minimum de 1,35 m (0,35 m entre le radier et l'entrée de la roue et 1 m minimum de profondeur d'immersion). Sur cette base, la cote radier de la station de pompage calculée est de 157,45m. La station sera équipée d'un asservissement basses eaux pour assurer l'arrêt automatique des pompes dès que ces cotes sont atteintes.

6.2.2. Cotes maxi de refoulement

Les cotes maxi du plan d'eau dans le bassin de refoulement sont estimées à partir des plans d'eau maxi dans les canaux principaux au départ des bassins augmentées des pertes de charge de l'ouvrage de restitution des canaux principaux. La cote maxi de refoulement est consignée dans le Tableau 20 ci-après.

6.2.3. Hauteurs Manométriques Totales (HMT) des électropompes

La hauteur géométrique de refoulement est la différence entre la cote maxi de restitution de la pompe et la cote mini d'aspiration.

La hauteur manométrique totale (HMT) au niveau de chaque station de pompage est déterminée par la relation suivante :

$$HMT = J_l + J_s + HGT$$

Où

J_l : désigne les pertes de charges linéaires ;

J_s : désigne les pertes de charges singulières et ;

HGT : la hauteur géométrique totale.

Les pertes de charge linéaires ont été calculées par la formule de Manning Strickler donnée par la relation suivante:

$$J_l = \frac{10,29 * Q^2}{K_s^2 * D^{(16/3)}} \times L$$

Avec

K_s : un coefficient de Manning pris égale à 80 pour les FD et 120 pour les PVC ;

Q : débit d'écoulement en (m³/s) ;

D : diamètre intérieur en (m) ;

L : longueur de la canalisation en (m).

Les pertes de charges singulières ont été calculées par la formule : $J_s = (V^2/2G)$ ou :

V = vitesse de l'eau

G = est l'accélération de la pesanteur (en m/s²)

La hauteur manométrique totale est fournie respectivement dans le Tableau 20 ci-après.

Tableau 20 : Hauteur Manométrique Totale (HMT) des électropompes

Station de pompage	PE mini (m)	PE maxi	Hauteur Géométrique (m)	Σ PDC (m)	HMT (m)
Variante canaux	158,80	164,35	5,55	0,3	5,85

A titre de comparaison, la HMT de la station de pompage du périmètre de Gaya amont est d'environ 5,10 m et celle estimée par l'étude d'AGROTECHNIK de 1992 est de :

- 5,78 m au mois d'avril ;
- 5,98 m au mois de mai ;
- Et 5,92 m au mois de juin.

7. MODE DE REALISATION DES TRAVAUX

Les travaux de confection de rigoles et de diguettes de séparation sont à la charge des bénéficiaires, le reste sera réalisé par l'entreprise.

7.1. Canaux primaires

Il sera exécuté deux canaux primaires CP1 (3692 m) et CP2 (1 460 m), totalisant 5 152 m. Les travaux à réaliser comprennent :

a. Terrassements et revêtement

Après débroussaillage, le décapage des emprises est réalisé sur une épaisseur de 10 cm. Dans la plateforme compactée à partir de remblais provenant des zones d'emprunts, on procédera au creusement de la cunette du canal. La largeur en crête des cavaliers du canal principal est de 0,7 m. Le revêtement (ép. 10 cm) sera en béton légèrement armé (40 kg de fer par m³) dosé à 350 kg/m³. Il sera réalisé une piste principale d'accès en rive droite du CP1 et en rive gauche du CP2 d'une épaisseur moyenne de 30 cm, large de 5m et couronnée par une couche de latérite de 10 cm.

b. Ouvrages à réaliser sur le canal principal

Les ouvrages à réaliser sur le canal principal CP1 concernent :

- 01 prise secondaire équipée de modules à masques;
- 13 prises tertiaires équipées de modules à masques;
- 02 régulateurs bec de canard (Giraudet);
- 02 franchissements ;
- 1 déversoir latéral de sécurité.

Les ouvrages à réaliser sur le canal principal CP2 concernent :

- 07 prises tertiaires équipées de modules à masques;
- 01 régulateurs bec de canard (Giraudet);
- 01 franchissement (dalots en béton armé) ;
- 1 déversoir latéral de sécurité.

7.2. Réseau secondaire d'irrigation

Les travaux concernent la réalisation d'un canal secondaire CS1.1 de longueur 910 m.

Les travaux à réaliser portent sur :

d. Terrassements

- Réalisation d'une plateforme pour la confection de cavaliers (droite et gauche) et de la cunette ;
- Revêtement en béton légèrement armé d'une épaisseur de 10 cm dosé à 350 kg/m³.

e. Construction des ouvrages

- 03 prises tertiaires équipées de modules à masques ;
- 01 déversoir de sécurité latéral localisé vers l'extrémité du canal ;
- 01 franchissement (dalots en béton armé).

Le plan du réseau primaire et secondaire d'irrigation est fourni sur la figure suivante.

7.3. Réseau tertiaire d'irrigation

Les travaux concernent la réalisation de 23 canaux tertiaires totalisant 5 779 m. Les longueurs de canaux tertiaires par canal primaire et secondaire sont données dans le Tableau 21 ci-dessous.

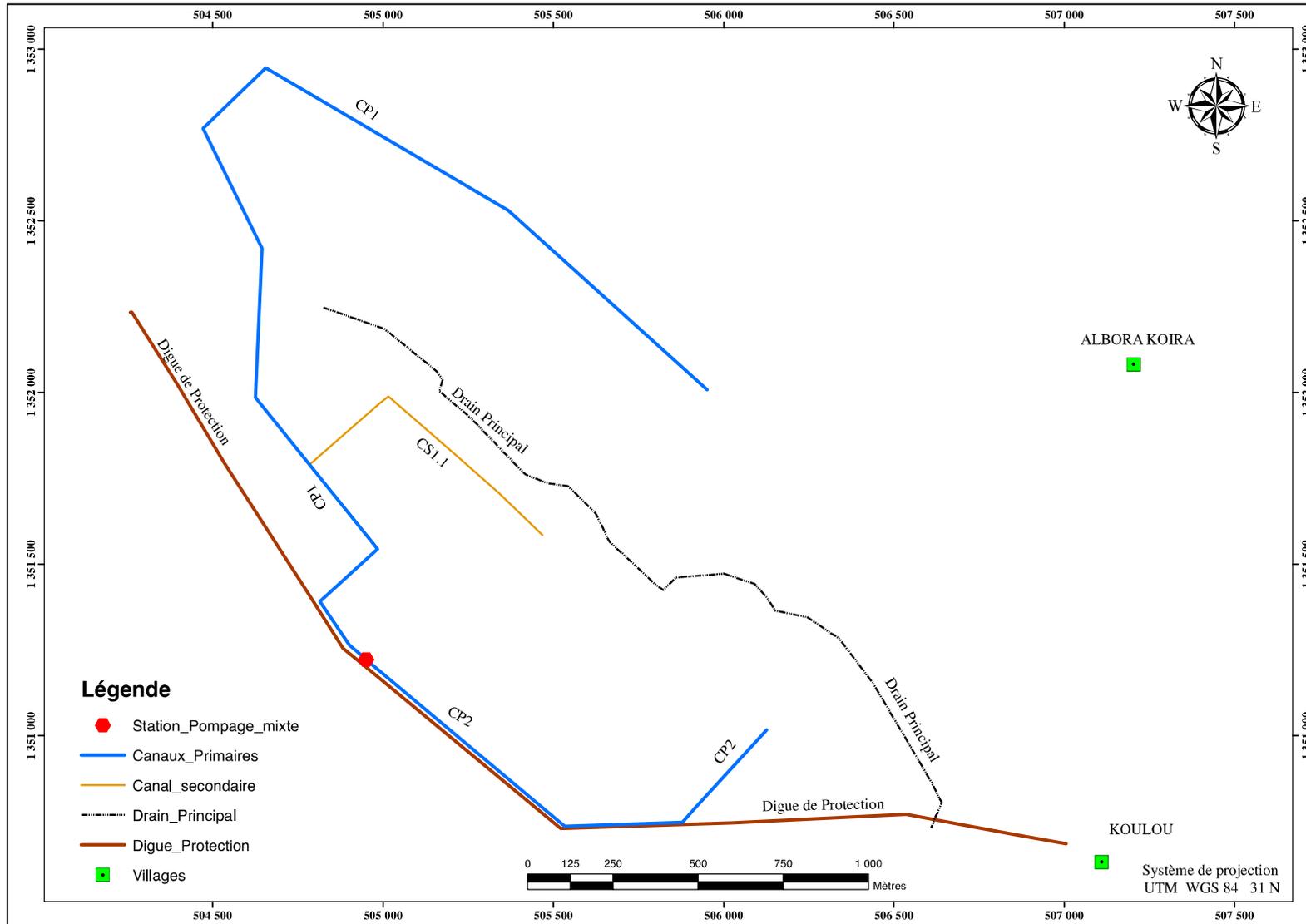
Tableau 21: Longueur des canaux tertiaires

Canal primaire ou secondaire	Nombre de CT	Longueur tertiaire (m)
CP1	13	3361
CS1.1	3	314
CP2	7	2104
Total	23	5779

Les travaux à réaliser portent sur :

- Décapage des emprises;
- Réalisation d'une plateforme pour la confection de cavaliers (droite et gauche) et de la cunette;
- 320 prises rigoles (1 rigole pour 0,5 ha en moyenne);
- 12 régulateurs (écrans batardables).

Figure 9: Schéma du réseau primaire et secondaire d'irrigation de Koulou



7.4. Digue de protection

Les travaux concernent la réalisation d'une digue de protection d'une longueur de 19 875 m qui doit protéger selon l'étude d'AGROTECHNIK, 604 ha de périmètres irrigués par pompage et 515 ha situés en zones basses aménagés en submersion contrôlée. Les ouvrages à réaliser sur cette digue de protection sont :

- 01 Débouché du drain principal ;
- 01 franchissement qui permet la vidange des eaux de ruissellement dans le fleuve Niger ;

Après débroussaillage, le décapage des emprises de la digue de protection est réalisé sur une épaisseur de 20 cm. La largeur en crête de la digue est de 3 m. La crête de digue sera protégée par une couche de latérite compactée de 0,10 m d'épaisseur.

7.5. Digue de ceinture

Les travaux concernent la réalisation d'une digue de ceinture d'une longueur de 8 046 m qui doit protéger le périmètre contre les eaux sauvages. Les dispositions constructives pour la digue de ceinture sont identiques à celles de la digue de protection.

7.6. Drain primaire

Les travaux concernent la réalisation d'un drain principal d'une longueur de 2 593 m. Les travaux à réaliser portent sur :

a. Terrassements

On procédera au décapage de 10 cm de l'emprise des drains primaires avant la confection de la cunette et de pistes latérales large de 4m. Cette piste aura une épaisseur minimale de 70 cm. Elle sera réalisée avec des matériaux provenant :

- de la cunette des drains si les sols sont de bonne qualité ;
- ou des zones d'emprunts.

b. Construction des ouvrages

- 04 débouchés de drains secondaires ;
- 02 débouchés de drain tertiaire ;
- 02 franchissements sur le drain principal.

7.7. Réseau secondaire de drainage

Les travaux concernent la réalisation de 04 drains secondaires et 01 sous drain secondaire totalisant 5 014 ml. Les longueurs de drains secondaires sont données dans le Tableau ci-dessous.

Tableau 22 : Longueur des drains secondaires

Drain secondaire	Longueur (m)
DS1	815
DS2.s1D	1037
DS2	1613
DS3	1084
DS4	465
Total	5 014

Les travaux à réaliser portent sur :

c. Terrassements

On procédera au nettoyage de l'emprise des drains secondaires avant la confection de la cuvette et des pistes latérales. La largeur en crête de ces pistes est de 4 m. Les pistes auront une épaisseur minimale de 30 cm. Elles seront réalisées avec des matériaux provenant :

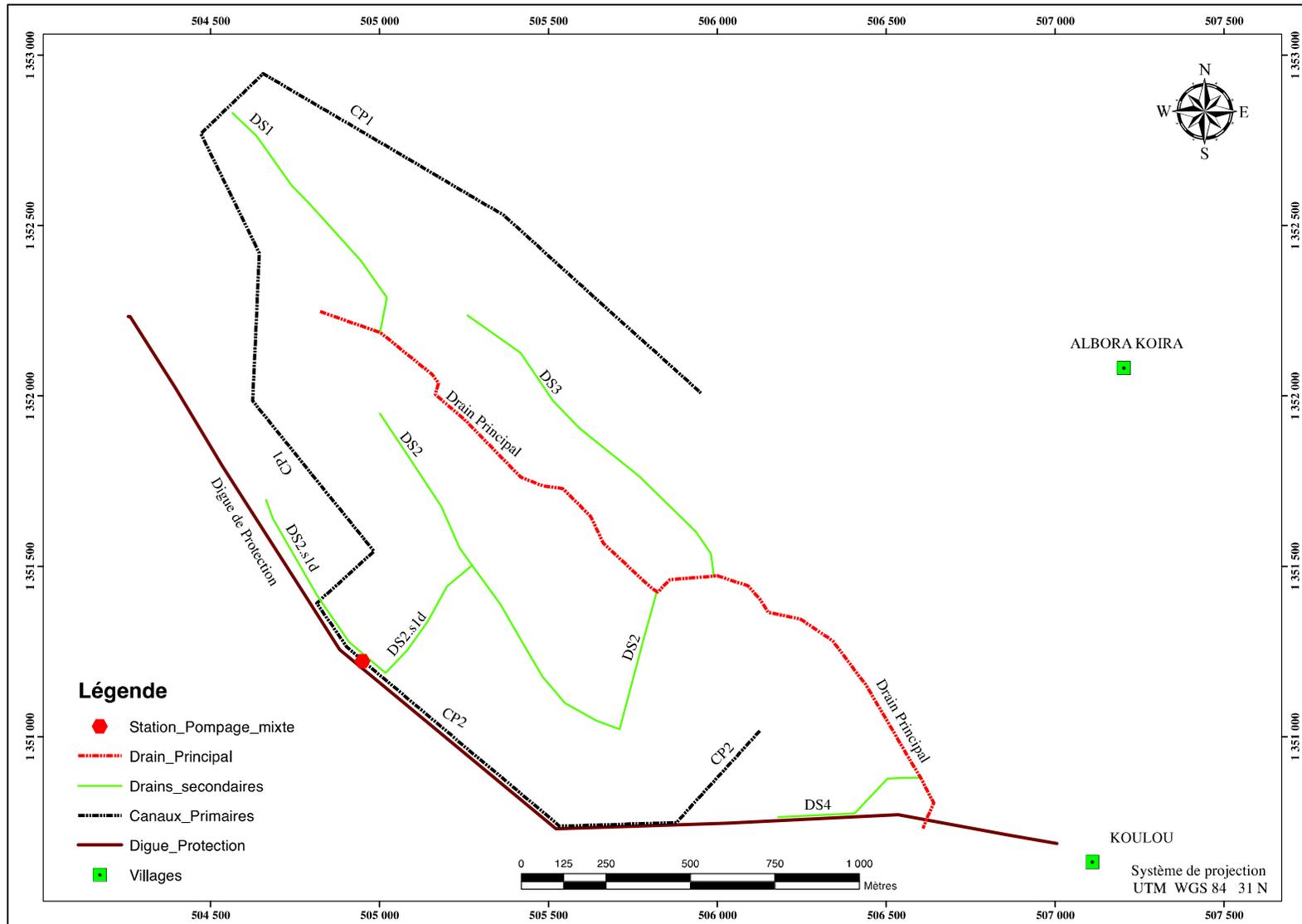
- de la cunette des drains si les sols sont de bonne qualité ;
- ou des zones d'emprunts.

d. Construction des ouvrages

- 28 débouchés de drains tertiaires;
- 07 franchissements sur drains secondaires.

Le plan du réseau primaire et secondaire de drainage est fourni sur la figure ci-après.

Figure 10 : Schéma du réseau primaire et secondaire de drainage de Koulou



7.8. Réseau tertiaire de drainage

Les travaux concernent la réalisation de 30 drains tertiaires totalisant 8 059 m. Les longueurs de drains tertiaires par drain secondaire ou primaire sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 23 : Longueur des drains tertiaires par secondaire ou drain primaire

Drain primaire ou secondaire	Nombre DT	Longueur (m)
DP	2	627
DS1	6	1179
DS2.s1D	4	1519
DS2	11	2824
DS3	4	1125
DS4	3	785
Total	30	8 059

Les travaux à réaliser portent sur le terrassement

- Creusement de la cunette après décapage de 10 cm des emprises;
- Confection de pistes latérales en remblai compacté à 95 % de l'OPN à partir des matériaux provenant du déblai de la cunette.

7.9. Aménagement parcellaire

Il est nécessaire de niveler les parcelles cultivées. A cette fin, chaque parcelle de 1 ha est planée et compartimentée en bassins de 0,25 ha séparés par des diguettes. Le cloisonnement en bassins permet en effet de réduire les travaux de planage. L'entreprise est chargée des travaux importants de planage et l'aménagement des rigoles et des diguettes de séparation sera réalisé par les exploitants.

Travaux à réaliser

Les travaux d'aménagement des sols confiés à l'entreprise concernent les zones qui auront été identifiées comme présentant des problèmes de planage. Il s'agira de réaliser les travaux suivants :

- Travaux préparatoires au planage ;
- Travaux de planage de type T1 (surfaçage) ou de type T2 (planage avec mouvement de terre).

Dispositions constructives

Les travaux préparatoires au planage incluent les tâches suivantes :

- Décapage, débroussaillage et dessouchage
- Débosselage soigné du terrain

Les travaux de planage incluent les tâches suivantes :

- Planage de type T1 : ce planage concerne les zones dont la pente est régulière du canal tertiaire vers le drain ; il consiste en un surfacage par passage croisé d'engins, de manière à obtenir la tolérance requise de ± 10 cm à l'intérieur de chaque bassin de 0,25 ha. Le planage de type T1 concerne une superficie estimée à environ 105 ha ;
- Planage de type T2 : ce planage concerne les zones de contre-pente entre le canal tertiaire et le drain tertiaire, à fort microrelief ou encore non dominées ; il consiste à effectuer un planage avec des mouvements de terre permettant d'obtenir la tolérance requise ± 10 cm à l'intérieur de chaque bassin de 0,25 ha. Les surfaces estimées pour ce type de planage sont estimées à environ 45 ha, représentant un volume de terrassement d'environ 22 500 m³.

7.10. Station de pompage et d'exhaure

- Branchement au réseau NIGELEC;
- Construction d'un bâtiment pour les armoires électriques;
- Construction d'une bâche de pompage pour les pompes immergées, cet abri sera équipé de vanne pour isoler les pompes pour l'entretien périodique.
- Fourniture et pose d'électropompes submersible avec armoires de commandes
- Réalisation d'un chenal d'amenée.

Les notes de calcul de la station de pompage et d'exhaure sont fournies en **annexe 10**.

8. DEVIS ESTIMATIF DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT

8.1. Avant métrés

Les avant métrés des travaux sont présentés en détail en **annexe 6** pour les terrassements des canaux, drains et digues et en **annexe 7** pour les ouvrages ponctuels.

Les métrés de terrassement ont été déterminés à partir du logiciel MENSURA GENUIS 7. Celui des ouvrages ont été faits à partir des plans des ouvrages types. Les différents types d'ouvrage ont été définis et le nombre nécessaire a été estimé.

8.2. Devis estimatif des travaux

Le détail quantitatif et estimatif de l'aménagement de Koulou est fourni en **annexe 8**, il a été estimé à partir des bordereaux des prix unitaires appliqués dans la zone. Le coût par hectare net aménagé est de **12 469 000 F CFA**.

Le Tableau 24 ci – après donne la répartition des coûts des travaux. Ce graphique dénote que :

- la réalisation des canaux primaires et secondaires représente 25.60 % du coût des travaux d'aménagement;
- la réalisation des digues de protection représente 21.55 % du coût des travaux d'aménagement;
- Planage et réseaux tertiaires représentent 9.24 %;
- Réseau de drainage représente 8.90 %;
- Pistes principales et secondaires représentent 8.78 %;
- Les ouvrages ponctuels représentent 8.81 %;
- La station de pompage mixte représente 13.65 %;
- et les installations représentent 3.48 %.

Tableau 24 : Répartition des coûts de l'aménagement de 150 ha de Koulou

Désignation	% du coût global	Coût (F CFA)	Coût/ha (En million F CFA)
Canaux primaires et secondaires	25.60	478 766 705.00	3191778.033
Digues de protection	21.55	402 991 999.55	2686613.33
Planage et réseaux tertiaires	9.24	172 789 938.00	1151932.92
Réseau de drainage	8.90	166 377 790.00	1109185.267
Pistes principales et secondaires	8.78	164 279 308.00	1095195.387
Ouvrages ponctuels (prises, déversoirs,etc..)	8.81	164 789 700.00	1098598
Station de pompage mixte	13.65	255 360 964.25	1702406.428
Installation	3.48	65 000 000.00	433333.3333
Total	100.00	1 870 356 405	12469042.7

8.3. Coûts environnementaux

Les mesures d'atténuation, de bonification, de compensation, de suivi et de surveillance environnementale, à travers le Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) coûteront la somme **507 350 000 F CFA**, pour une durée de dix ans. D'autre part la mise en œuvre du **Plan d'Action de Réinstallation (PAR)** coûtera environ **240 084 650 F CFA**.

9. ANNEXES

9.1. Annexe 1 : Modélisation hydraulique des écoulements du fleuve Niger

9.1.1. Présentation du modèle de simulation HEC-RAS

La modélisation hydraulique des écoulements du fleuve Niger de Bombodji à Malanville entre le village de Bombodji et la ville de Malanville seront effectuées avec le logiciel HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) version 4.1.0.

Le calcul des lignes d'eau en régime permanent, à la fois en situation actuelle et en situation future à savoir l'endiguement des périmètres JICA (Z1 à Z7) et la réalisation de la digue de protection des aménagements de Koulou sur 21 km, permettra notamment d'apprécier (i) l'impact de l'endiguement du fleuve Niger (ii) des risques de submersion de l'endiguement existant des périmètres de Malanville, Gaya amont et de Tara, (iii) de l'augmentation de la hauteur d'inondation dans les plaines non encore aménagées, (iv) de la réduction des revanches des digues de protection pour les aménagements projetés.

HEC-RAS est un logiciel intégré pour l'analyse hydraulique qui permet de simuler les écoulements à surface libre. Il a été conçu par le Hydrologic Engineering Center du US Army Corps of Engineers. Il s'agit d'une nouvelle version d'un modèle hydraulique auparavant nommé HEC-2, qui comporte maintenant une interface graphique permettant d'éditer, modifier et visualiser les données d'entrée, de même qu'observer les résultats obtenus. La version 4.1.0 de HEC-RAS permet de simuler les écoulements permanents et non permanents, le transport de sédiments et certaines fonctions facilitant la conception d'ouvrages hydrauliques. Dans le modèle, les pertes de charge sont évaluées par l'équation de Manning-Strickler pour le terme de frottement et par des coefficients de contraction-expansion. En écoulement brusquement varié, HEC-RAS utilise l'équation de quantité de mouvement. Celle-ci est appliquée aux ressauts, et dans certains cas, aux passages de ponts et aux confluences. Avec HEC-RAS, un ensemble de fichiers, que l'on nomme Projet, est requis pour effectuer l'analyse hydraulique d'un cours d'eau. Une terminologie particulière est employée pour définir chacune de ces composantes.

Projet (Project) : Le fichier Projet contient le titre et la description du projet, le système d'unités utilisé et les liens vers tous les fichiers qui lui sont associés. Il contient aussi les variables par défaut qui peuvent être définies par l'utilisateur et une référence au dernier Plan utilisé (voir la description d'un Plan plus bas). Il comporte l'extension .PRJ.

Géométrie (Geometry) : Ce fichier contient toutes les informations géométriques sur le cours d'eau analysé, soit le schéma arborescent, les sections transversales, la distance entre chaque section, les coefficients de Manning et s'il y a lieu, les structures présentes (ponts, ponceaux, seuils). Un projet peut comporter plusieurs géométries afin d'analyser différentes variantes (par exemple avec ou sans obstruction dans la rivière).

Débit (Flow) : Le fichier Débit est utilisé pour simuler les écoulements permanents. Il contient le nombre de Profils devant être calculés, les données de débit pour chacun d'eux et les conditions limites pour chaque tronçon. Un Profil désigne l'ensemble des niveaux d'eau calculés pour des conditions particulières de débit.

Plan (Plan) : Un fichier Plan contient un titre et une description du plan, de façon similaire aux informations d'un Projet. Il contient de plus la référence aux fichiers Géométrie et Débit associés à ce Plan. Le concept de Plan permet ainsi de simuler différentes combinaisons de Géométrie et de débit qui peuvent être nécessaires dans le cadre d'une étude hydraulique.

Simulation (Run) : Le fichier simulation contient toutes les données nécessaires à l'exécution d'une simulation, définie à l'intérieur d'un Plan. Ce fichier est automatiquement créé par HEC-RAS lorsqu'une simulation est lancée.

Tous les fichiers créés à l'intérieur d'un même projet comportent le même nom, soit celui défini au départ par l'utilisateur. Seule l'extension diffère et les différentes extensions des fichiers sont automatiquement créées par HEC-RAS et ne doivent pas être modifiées.

9.1.2. Calage du modèle de simulation en situation actuelle

Le calage du modèle de simulation est une étape importante dans la mesure où sa validation permet de considérer que les conditions d'écoulement simulées reflètent correctement la réalité des écoulements.

Ce travail a consisté à tester plusieurs débits pour retrouver, à partir des simulations du modèle, les niveaux d'eau observés (ou pente hydraulique moyenne) pour ces débits, tout en gardant une cohérence dans le choix des coefficients de rugosité de Manning.

9.1.2.1. Les entrants du logiciel et données disponibles

Les données nécessaires au modèle de simulation sont les suivantes :

- les profils en travers qui décrivent la géométrie du fleuve et de son champ d'inondation;
- les coefficients de rugosité et de perte de charge linéaire ou singulière;
- les conditions aux limites amont et aval.

a) Les profils en travers topographiques du fleuve Niger et des plaines riveraines inondables.

Pour notre modélisation nous avons intégré au modèle 17 profils en travers repartis sur environ 80 kms depuis le village de Bombodji (situé à environ 20 km en amont de Koulou) jusqu'à l'échelle limnimétrique de Malanville. Actuellement, le fleuve Niger est endigué sur sa rive droite pour la protection du périmètre irrigué de Malanville (longueur endiguement de 5,730 km) et en rive gauche pour la protection du périmètre de Gaya amont (longueur endiguement de 4,44 km) et du périmètre de Tara (longueur endiguement de 4,150 km)

Compte tenu que l'écoulement dans le fleuve Niger est de type fluvial, les profils en travers définissant la géométrie du cours d'eau dans le modèle de simulation sont classés dans le modèle de l'aval vers l'amont (du profil 1 au profil 19).

b) Les coefficients de rugosité de Manning

Ces coefficients sont indispensables pour toute modélisation hydraulique. Ils permettent de modéliser les pertes de charges linéaires, liées aux caractéristiques du fond du lit. Dans le cas des écoulements en rivière, on distingue les coefficients de rugosité en lit mineur de ceux en lit majeur ; on parle alors d'écoulements en lits composés où la rugosité varie suivant les lits. Le coefficient de rugosité utilisé pour les simulations est le coefficient de Manning.

Les résultats du calage du modèle de simulation ont conduit aux coefficients suivants :

- $n = 0,033$ (coefficient de Strikler, $K_s = 30$) pour le lit mineur ;
- $n = 0,05$ (coefficient de Strikler, $K_s = 20$) pour le lit majeur.

En effet avec ces coefficients, nous obtenons une pente moyenne de la ligne d'eau d'environ 6,2 cm/km en crue centennale voisine de la pente moyenne de la ligne d'eau entre Dole-Koulou indiquée dans la monographie de l'ORSTOM et par le modèle de SOGREAH. L'étude hydrologique d'AGROTECHNIK de 1992 a estimé cette pente moyenne à environ 7 cm/km. Les résultats de la simulation de la ligne d'eau dans la situation actuelle en année humide vingtennale, cinquantenale et centennale sont fournis en **annexe 1.1** et les pentes moyenne sont fournies dans le Tableau 25 ci-après.

Tableau 25 : Pente moyenne du fleuve Niger en année humide

Niveau maxi du fleuve Niger (en cote IGN Niger) ⁶	Période de retour en année humide (ans)		
	20	50	100
Observé au droit de Malanville (PK0)	160,04	160,54	160,84
Simulé au droit de Bombodji (PK 79,82)	165.39	165.64	165.79
Pente moyenne du fleuve (cm/km)	6,70	6,39	6,20

Il est à noter également que l'étude hydrologique d'AGROTECHNIK avait également supposé pour l'étude de modélisation hydraulique du fleuve Niger entre Dole-Koulou des coefficients de rugosité presque similaires à savoir :

- $n = 0,033$ (coefficient de Strikler, $K_s = 30$) pour le lit mineur ;
- $n = 0,066$ (coefficient de Strikler, $K_s = 15$) pour le lit majeur.

c) Conditions aux limites amont

Il s'agit des débits maxima caractéristiques à Malanville. En crue, leur analyse figure dans l'étude hydrologique et est rappelée dans le Tableau 26 ci-après. Les débits du fleuve Niger ont été surestimés à l'amont de Malanville parce que les apports des affluents et des koris qui débouchent entre Bombodji et Malanville ne sont pas négligeables pendant la crue locale ou crue « béninoise ».

Tableau 26 : Débits maxima caractéristiques à Malanville (m^3/s) en année humide

Période de retour (ans)	20	50	100
Probabilité (P)	0,95	0,98	0,99
Qmax (m^3/s)	2 503	2 806	3 035

d) Conditions aux limites aval

En régime fluvial, les conditions aux limites aval donnent une valeur de départ de la ligne d'eau à l'extrémité de la zone d'étude. Dans notre cas, la condition limite aval est représentée par le niveau d'eau lue sur l'échelle limnimétrique de Malanville. Les hauteurs maximales du fleuve Niger à Malanville à différentes périodes de retour sont fournies le Tableau 27 ci-dessous pour l'année humide.

Tableau 27 : Hauteurs d'eau maxima caractéristiques à Malanville en année humide (m+)

Période de retour (ans)	20	50	100
Hauteur d'eau (Nivellement ABN)	164,10	164,60	164,90
Hauteur d'eau (Nivellement IGN Niger)	160,04	160,54	160,84

9.1.3. Impact hydraulique de l'endiguement du fleuve Niger

L'objectif des simulations est d'apprécier, (i) l'impact de l'endiguement du fleuve Niger sur le rehaussement de la ligne d'eau par rapport à la situation actuelle, (ii) les risques de submersion de l'endiguement existant des périmètres de Malanville, Gaya amont et de Tara,

⁶ Cote IGN Niger = Cote ABN (Zéro échelle de Malanville + Lecture échelle) – 4,06 m

(iii) l'augmentation de la hauteur d'inondation dans les plaines non encore aménagées et aussi d'identifier les nouvelles zones susceptibles d'être inondées.

Pour les simulations en crue, nous avons étudié deux cas :

- Cas 1 : Situation actuelle ;
- Cas 2 : Endiguement en rive gauche du fleuve Niger (coté Niger) des périmètres JICA (Z1 à Z7) et de l'aménagement de Koulou

9.1.3.1. Comparaison ligne d'eau actuelle avec les cotes digues existantes ou projetées

Les Figures 11 et 12 ci-après représentent les lignes d'eau calculées pour la crue centennale et la crue cinquantiennale dans la situation actuelle. Elles dénotent que :

- La cote crête de la digue existante de Malanville est supérieure à la ligne d'eau en crue centennale humide ;
- Le périmètre de Gaya amont est inondé en cas de crue centennale par contre en cas de crue cinquantiennale, le périmètre n'est pas inondé mais la revanche est très faible ;
- Les cotes crêtes des digues de protection des périmètres JICA (Z1 à Z7) sont nettement supérieures à la ligne d'eau simulée en crue centennale humide.
- Dans la zone aval de l'aménagement de Koulou, la cote crête de la digue est légèrement supérieure à la ligne d'eau simulée en crue centennale humide, par contre dans la zone amont de Koulou, la revanche est plus importante.

9.1.3.2. Impact de l'endiguement du fleuve Niger

L'endiguement du fleuve Niger réduit considérablement la section du lit majeur du fleuve donc provoque un rehaussement de ligne d'eau du fleuve Niger. La Figure 13 ci-après fourni pour une crue centennale humide, une comparaison ligne d'eau du fleuve en situation actuelle et ligne d'eau avec endiguement du fleuve Niger. Il apparait sur cette figure que :

- Une superposition ligne d'eau situation actuelle et ligne d'eau avec endiguement du PK0 jusqu'au PK20, ce tronçon est partiellement endigué sur les deux rives du fleuve (digue Malanville en rive droite et les digues de Gaya amont et de Tara en rive gauche) ;
- Un écart variable entre la ligne d'eau avec endiguement et la ligne d'eau en situation actuelle du PK20 au PK80. Ce tronçon n'est présentement pas endigué mais il est prévu la réalisation des digues de protection des périmètres JICA (37 km) et de l'aménagement de Koulou (21 km). **L'écart moyen est d'environ 60 cm mais atteint souvent 85 cm.**

Une comparaison ligne d'eau du fleuve Niger avec endiguement de nouveaux périmètres et cotes APD digue projetées est fournie sur la Figure 14. En crue centennale humide, hormis les digues des périmètres Z7 et Z6, nous observons une submersion des digues projetées pour les autres nouveaux périmètres. Les simulations de la ligne d'eau avec endiguement en année humide vingtiennale, cinquantiennale et centennale sont fournies en **annexe 1.2**.

Figure 11 : Comparaison ligne d'eau en crue centennale dans la situation actuelle et cote digue APD ou existante

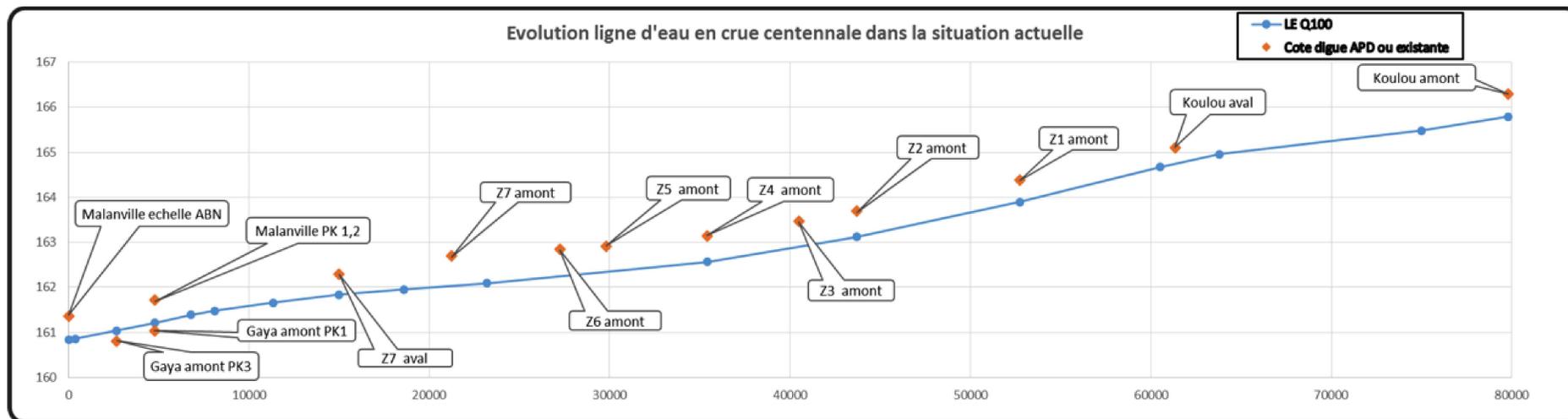


Figure 12 : Comparaison ligne d'eau en crue cinquantennale dans la situation actuelle et cote digue APD ou existante

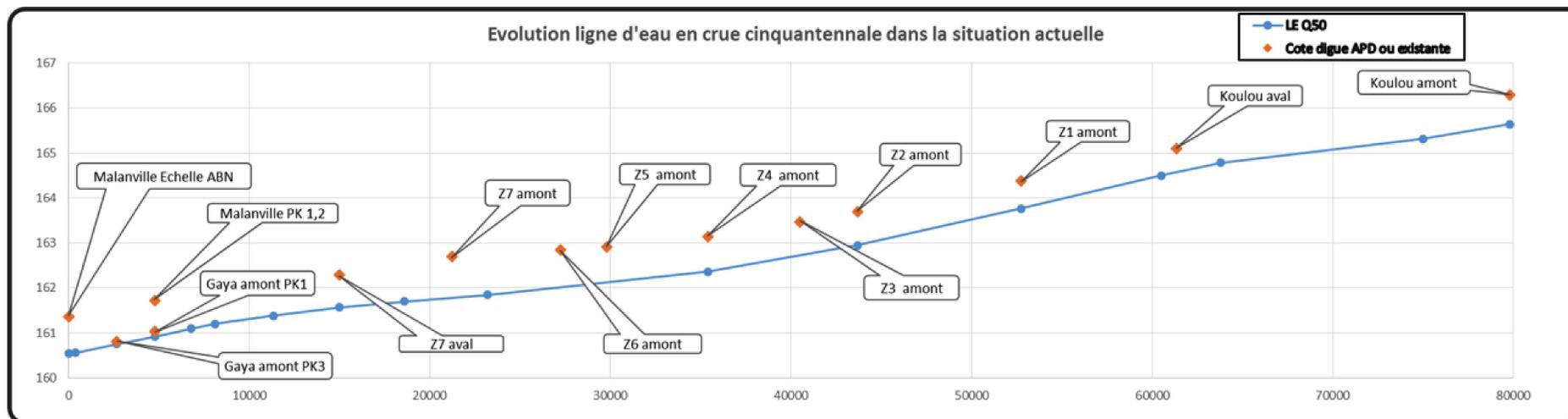


Figure 13 : Comparaison ligne d'eau en situation actuelle et ligne d'eau avec endiguement du fleuve Niger

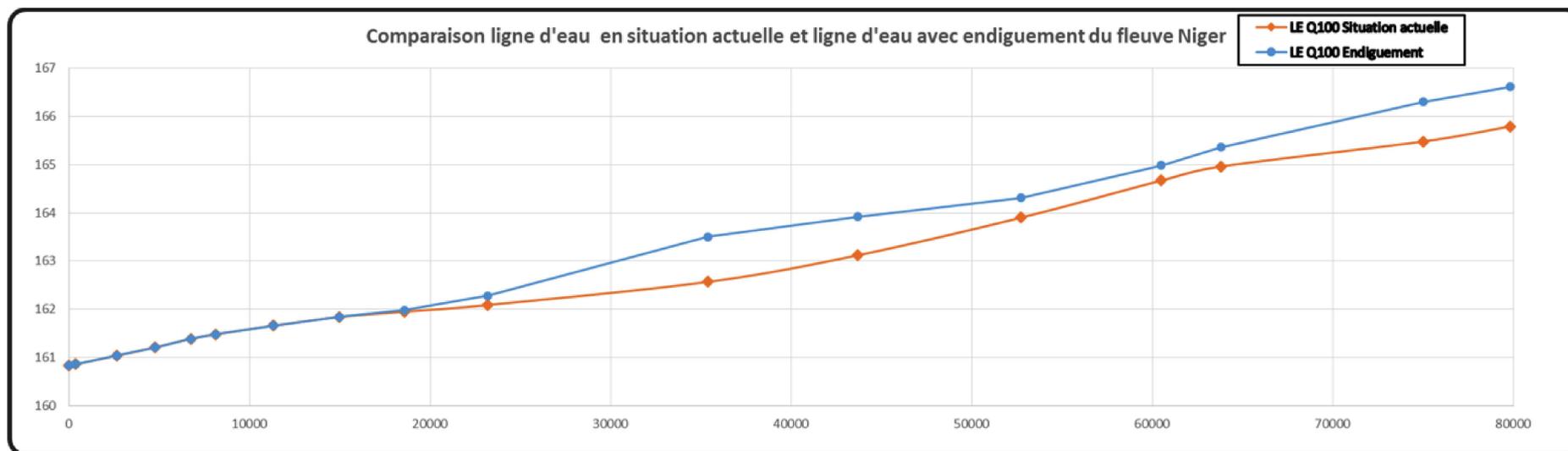
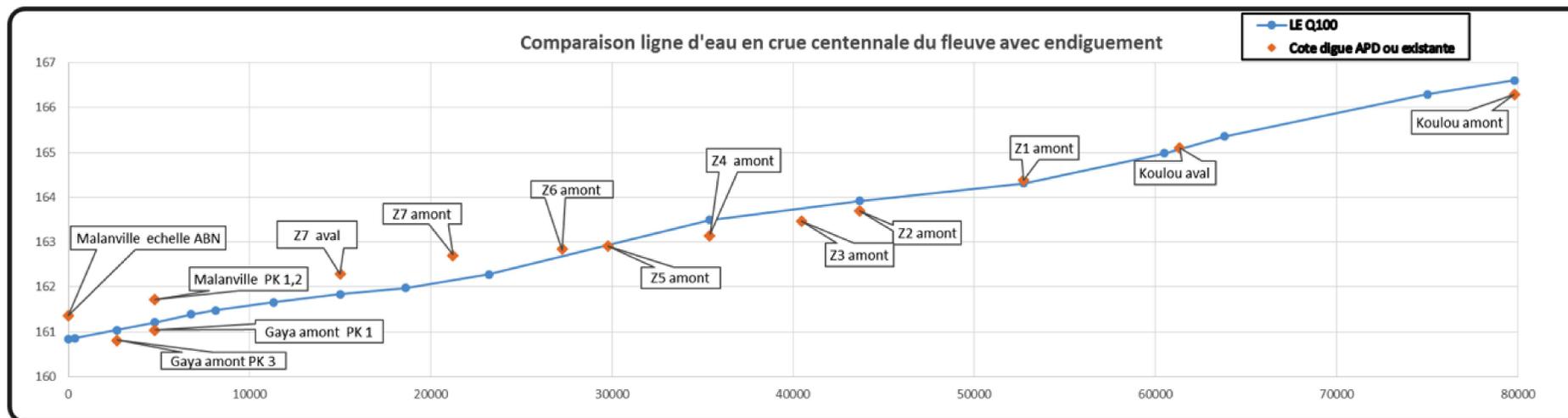


Figure 14 : Comparaison ligne d'eau en crue centennale du fleuve avec endiguement de nouveaux périmètres et cote digue APD ou existante



9.1.4. Annexe 1.1 : Modélisation hydraulique du fleuve Niger dans la situation actuelle

Figure 15 : Comparaison ligne d'eau en crue centennale dans la situation actuelle et cote digue APD ou existante

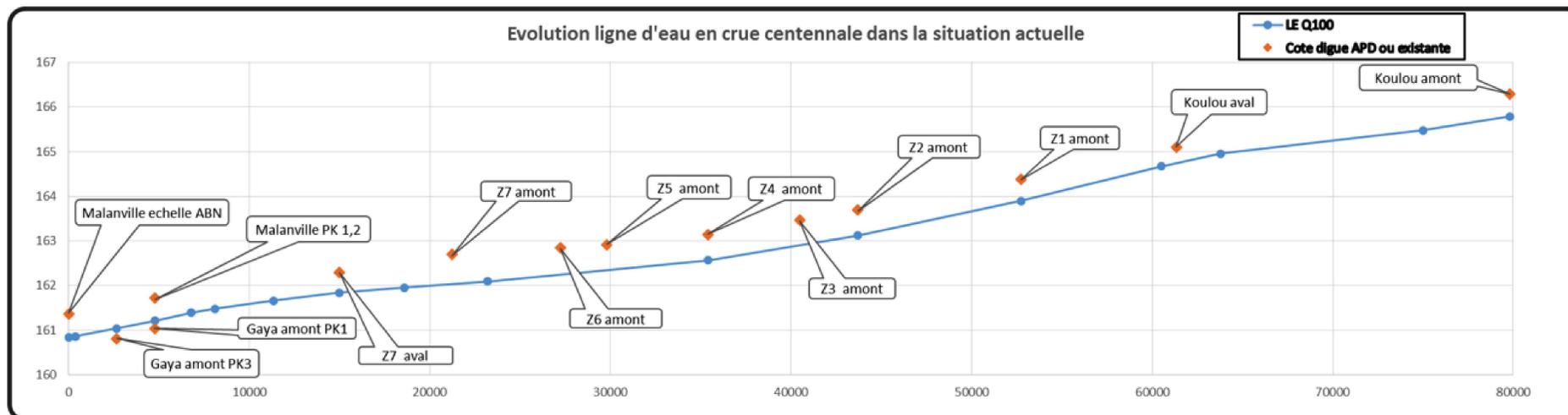


Tableau 28 : Résultats de la simulation de la ligne d'eau en crue centennale dans la situation actuelle

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Bombodji - Malanville	79816.13	PF 1	3035	158.25	165.79		165.83	0.000095	0.95	4404.15	1329.2	0.12
Bombodji - Malanville	75006.07	PF 1	3035	158.65	165.48		165.49	0.000054	0.59	7592.79	2999.74	0.09
Bombodji - Malanville	63805.21	PF 1	3035	156.32	164.96		164.97	0.000041	0.64	10298.36	4354.1	0.08
Bombodji - Malanville	60508.19	PF 1	3035	152.2	164.67		164.74	0.000136	1.28	3364.43	1000.07	0.15
Bombodji - Malanville	52730.31	PF 1	3035	155.42	163.9		163.94	0.000079	0.91	5072.49	1711.2	0.12
Bombodji - Malanville	43688.31	PF 1	3035	158.82	163.12		163.13	0.000101	0.7	9048.76	5210.76	0.12
Bombodji - Malanville	35406.86	PF 1	3035	152.93	162.57		162.59	0.000045	0.71	7831.05	2789.31	0.09
Bombodji - Malanville	23211.76	PF 1	3035	152.19	162.09		162.1	0.000036	0.47	10510.22	4136.57	0.07
Bombodji - Malanville	18600.12	PF 1	3035	153.46	161.95		161.96	0.000025	0.48	10231.7	3024.96	0.06
Bombodji - Malanville	14991.87	PF 1	3035	144.47	161.84		161.85	0.000037	0.56	8792.43	2857.39	0.08
Bombodji - Malanville	11326.59	PF 1	3035	153.91	161.66		161.68	0.000056	0.73	5562.87	1344.31	0.1
Bombodji - Malanville	8120.72	PF 1	3035	154.03	161.48		161.5	0.000056	0.7	5235.38	1198.04	0.09
Bombodji - Malanville	6764.52	PF 1	3035	152.4	161.39		161.41	0.000074	0.78	5305.33	1594.68	0.11
Bombodji - Malanville	4765.47	PF 1	3035	153.39	161.21		161.25	0.000083	0.95	3193.74	492.25	0.12
Bombodji - Malanville	2666.23	PF 1	3035	153.35	161.04		161.08	0.000081	0.85	3557.31	630.53	0.11
Bombodji - Malanville	368.78	PF 1	3035	151.4	160.86		160.9	0.000077	0.96	4439.92	1044.38	0.12
Bombodji - Malanville	0	PF 1	3035	150.95	160.84	154.95	160.87	0.000061	0.9	5055.98	1175.12	0.1

Figure 16 : Comparaison ligne d'eau en crue cinquantennale dans la situation actuelle et cote digue APD ou existante

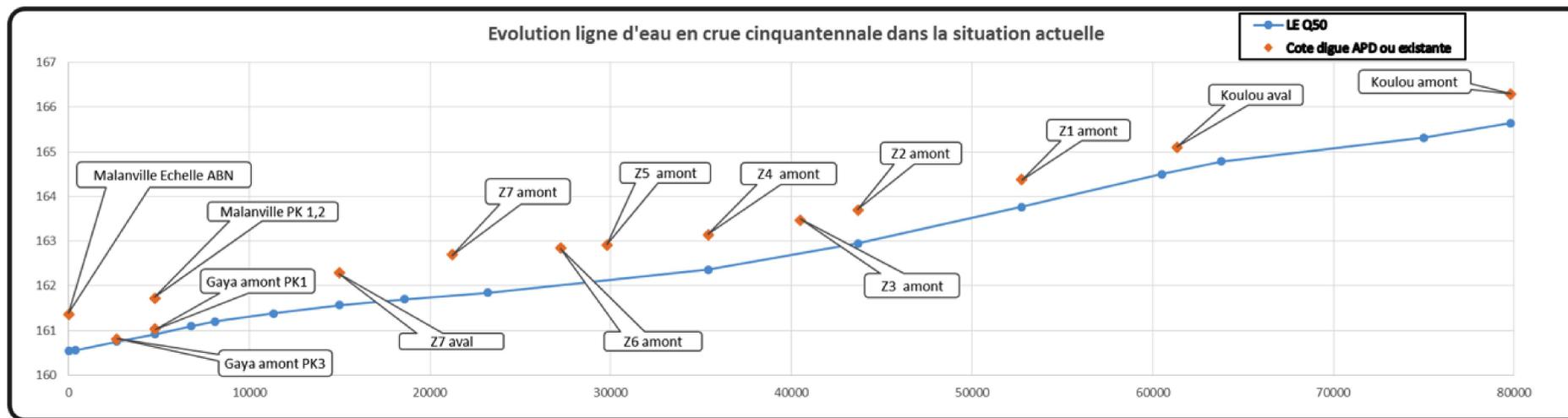


Tableau 29 : Résultats de la simulation de la ligne d'eau en crue cinquantennale dans la situation actuelle

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Bombodji - Malanville	79816.13	PF 1	2806	158.25	165.64		165.67	0.000091	0.92	4195.07	1326.23	0.12
Bombodji - Malanville	75006.07	PF 1	2806	158.65	165.32		165.33	0.000054	0.58	7125.37	2999.74	0.09
Bombodji - Malanville	63805.21	PF 1	2806	156.32	164.79		164.8	0.000043	0.64	9554.94	4347.32	0.08
Bombodji - Malanville	60508.19	PF 1	2806	152.2	164.5		164.56	0.00013	1.24	3196.74	992.84	0.15
Bombodji - Malanville	52730.31	PF 1	2806	155.42	163.77		163.8	0.000075	0.88	4843.55	1710.06	0.11
Bombodji - Malanville	43688.31	PF 1	2806	158.82	162.95		162.96	0.000118	0.73	8160.32	5201.68	0.13
Bombodji - Malanville	35406.86	PF 1	2806	152.93	162.36		162.38	0.000046	0.7	7265.12	2701.31	0.09
Bombodji - Malanville	23211.76	PF 1	2806	152.19	161.85		161.85	0.00004	0.48	9508.74	4106.15	0.08
Bombodji - Malanville	18600.12	PF 1	2806	153.46	161.7		161.7	0.000027	0.48	9455.55	3024.96	0.07
Bombodji - Malanville	14991.87	PF 1	2806	144.47	161.57		161.58	0.000041	0.56	8031.35	2856.74	0.08
Bombodji - Malanville	11326.59	PF 1	2806	153.91	161.38		161.4	0.000058	0.72	5191.48	1337.45	0.1
Bombodji - Malanville	8120.72	PF 1	2806	154.03	161.2		161.22	0.000059	0.69	4896.07	1196.24	0.1
Bombodji - Malanville	6764.52	PF 1	2806	152.4	161.1		161.12	0.000081	0.78	4842.74	1588.76	0.11
Bombodji - Malanville	4765.47	PF 1	2806	153.39	160.92		160.96	0.000082	0.92	3050	488.54	0.12
Bombodji - Malanville	2666.23	PF 1	2806	153.35	160.75		160.78	0.000082	0.83	3372.84	625.93	0.11
Bombodji - Malanville	368.78	PF 1	2806	151.4	160.56		160.6	0.00008	0.94	4128.67	1037.73	0.12
Bombodji - Malanville	0	PF 1	2806	150.95	160.54	154.83	160.57	0.000063	0.89	4704.73	1167.12	0.11

Figure 17 : Comparaison ligne d'eau en crue vingtennale dans la situation actuelle et cote digue APD ou existante

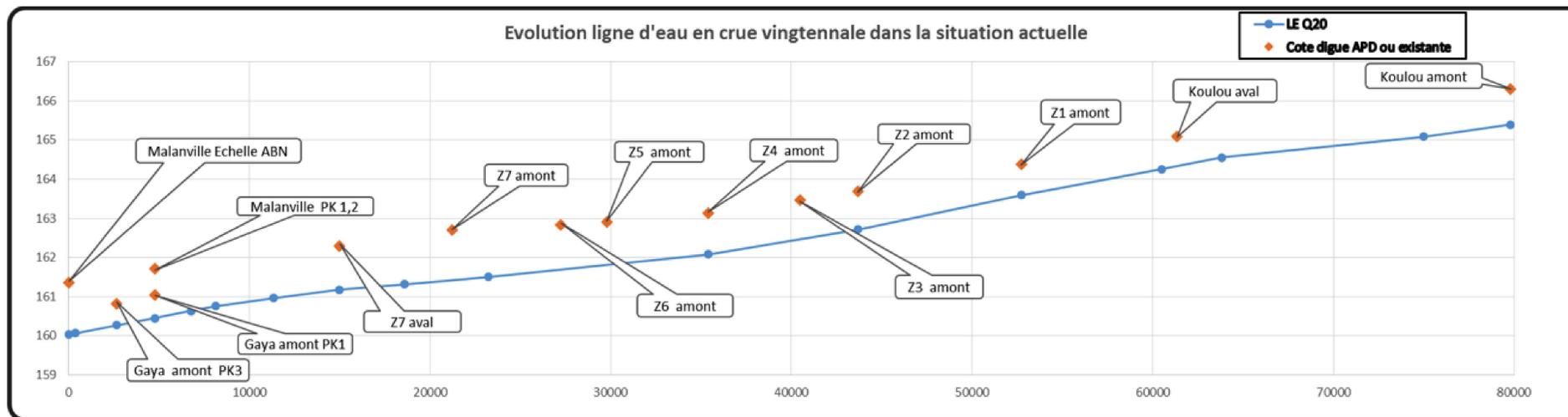


Tableau 30 : Résultats de la simulation de la ligne d'eau en crue vingtennale dans la situation actuelle

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Bombodji - Malanville	79816.13	PF 1	2503	158.25	165.39		165.43	0.000088	0.88	3874.31	1321.65	0.12
Bombodji - Malanville	75006.07	PF 1	2503	158.65	165.09		165.1	0.000052	0.55	6478.62	2595.79	0.09
Bombodji - Malanville	63805.21	PF 1	2503	156.32	164.55		164.56	0.000045	0.65	8519.57	4337.86	0.09
Bombodji - Malanville	60508.19	PF 1	2503	152.2	164.26		164.32	0.000121	1.17	2964.76	980.76	0.14
Bombodji - Malanville	52730.31	PF 1	2503	155.42	163.59		163.62	0.000069	0.82	4534.21	1690.33	0.11
Bombodji - Malanville	43688.31	PF 1	2503	158.82	162.72		162.73	0.000149	0.78	6967.48	5189.47	0.14
Bombodji - Malanville	35406.86	PF 1	2503	152.93	162.08		162.1	0.000046	0.69	6519.34	2580.77	0.09
Bombodji - Malanville	23211.76	PF 1	2503	152.19	161.5		161.51	0.00005	0.51	8089.7	4069.11	0.08
Bombodji - Malanville	18600.12	PF 1	2503	153.46	161.32		161.33	0.000031	0.49	8320.83	3024.96	0.07
Bombodji - Malanville	14991.87	PF 1	2503	144.47	161.18		161.19	0.00005	0.58	6900.4	2855.77	0.09
Bombodji - Malanville	11326.59	PF 1	2503	153.91	160.96		160.98	0.000063	0.72	4630.74	1329.61	0.1
Bombodji - Malanville	8120.72	PF 1	2503	154.03	160.76		160.78	0.000065	0.69	4372.18	1195.6	0.1
Bombodji - Malanville	6764.52	PF 1	2503	152.4	160.64		160.67	0.000097	0.81	4122.11	1578.48	0.12
Bombodji - Malanville	4765.47	PF 1	2503	153.39	160.45		160.49	0.000083	0.89	2823.09	483.68	0.12
Bombodji - Malanville	2666.23	PF 1	2503	153.35	160.27		160.31	0.000088	0.81	3076.05	623.8	0.12
Bombodji - Malanville	368.78	PF 1	2503	151.4	160.07		160.1	0.00009	0.95	3614.87	1030.55	0.12
Bombodji - Malanville	0	PF 1	2503	150.95	160.04	154.65	160.07	0.00007	0.9	4124.65	1153.77	0.11

9.1.5. Annexe 1.2 : Modélisation hydraulique du fleuve Niger avec endiguement des nouveaux périmètres

Figure 18 : Comparaison ligne d'eau en crue centennale du fleuve avec endiguement de nouveaux périmètres et cote digue APD ou existante

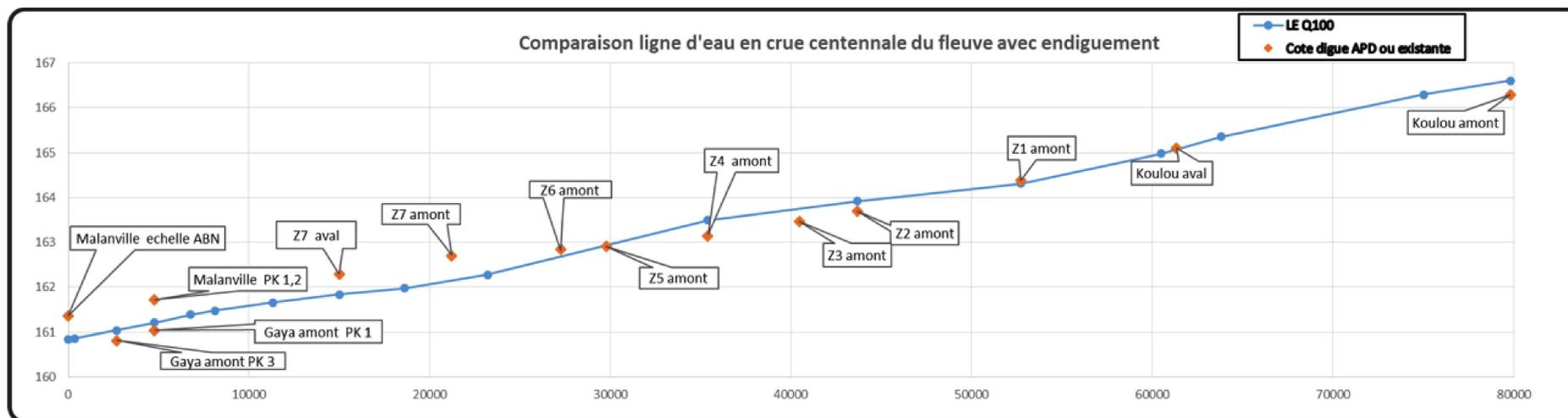


Tableau 31 : Résultats de la simulation de la ligne d'eau en crue centennale du fleuve Niger avec endiguement de nouveaux périmètres

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Bombodji - Malanville	79816.13	PF 1	3035	158.25	166.61		166.66	0.000081	0.96	3525.24	644.78	0.12
Bombodji - Malanville	75006.07	PF 1	3035	158.65	166.3		166.32	0.000059	0.69	4433	874.13	0.1
Bombodji - Malanville	63805.21	PF 1	3035	156.32	165.36		165.42	0.000116	1.13	3616.11	955.39	0.14
Bombodji - Malanville	60508.19	PF 1	3035	152.2	164.98		165.04	0.000111	1.2	3694.59	1062.47	0.14
Bombodji - Malanville	52730.31	PF 1	3035	155.42	164.31		164.35	0.000072	0.91	4495.53	1113.4	0.11
Bombodji - Malanville	43688.31	PF 1	3035	158.82	163.92		163.93	0.000031	0.45	13203.59	5202.35	0.07
Bombodji - Malanville	35406.86	PF 1	3035	152.93	163.5		163.54	0.000074	0.97	3458.91	595.83	0.11
Bombodji - Malanville	23211.76	PF 1	3035	152.19	162.28		162.35	0.000136	1.18	3006.84	634.84	0.15
Bombodji - Malanville	18600.12	PF 1	3035	153.46	161.98		162	0.000045	0.63	6437.81	1655.26	0.09
Bombodji - Malanville	14991.87	PF 1	3035	144.47	161.84		161.85	0.000037	0.56	8792.43	2857.39	0.08
Bombodji - Malanville	11326.59	PF 1	3035	153.91	161.66		161.68	0.000056	0.73	5562.87	1344.31	0.1
Bombodji - Malanville	8120.72	PF 1	3035	154.03	161.48		161.5	0.000056	0.7	5235.38	1198.04	0.09
Bombodji - Malanville	6764.52	PF 1	3035	152.4	161.39		161.41	0.000074	0.78	5305.33	1594.68	0.11
Bombodji - Malanville	4765.47	PF 1	3035	153.39	161.21		161.25	0.000083	0.95	3193.74	492.25	0.12
Bombodji - Malanville	2666.23	PF 1	3035	153.35	161.04		161.08	0.000081	0.85	3557.31	630.53	0.11
Bombodji - Malanville	368.78	PF 1	3035	151.4	160.86		160.9	0.000077	0.96	4439.92	1044.38	0.12
Bombodji - Malanville	0	PF 1	3035	150.95	160.84	154.95	160.87	0.000061	0.9	5055.98	1175.12	0.1

Figure 19 : Comparaison ligne d'eau en crue cinquantennale du fleuve avec endiguement de nouveaux périmètres et cote digue APD ou existante

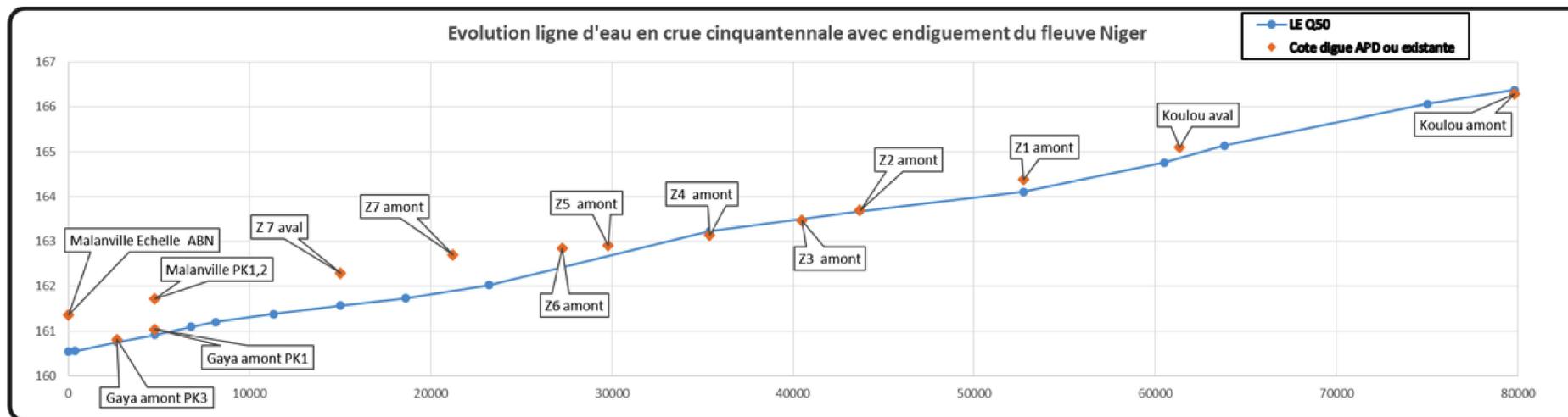


Tableau 32 : Résultats de la simulation de la ligne d'eau en crue cinquantennale du fleuve Niger avec endiguement de nouveaux périmètres

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Bombodji - Malanville	79816.13	PF 1	2806	158.25	166.38		166.42	0.000079	0.92	3375.2	644.78	0.12
Bombodji - Malanville	75006.07	PF 1	2806	158.65	166.07		166.09	0.000059	0.66	4233.22	874.13	0.1
Bombodji - Malanville	63805.21	PF 1	2806	156.32	165.14		165.19	0.000115	1.1	3402.69	954.4	0.14
Bombodji - Malanville	60508.19	PF 1	2806	152.2	164.76		164.82	0.000109	1.16	3466.91	1027.72	0.14
Bombodji - Malanville	52730.31	PF 1	2806	155.42	164.11		164.14	0.00007	0.88	4269.18	1112.19	0.11
Bombodji - Malanville	43688.31	PF 1	2806	158.82	163.68		163.69	0.000036	0.47	11960.14	5194.24	0.07
Bombodji - Malanville	35406.86	PF 1	2806	152.93	163.23		163.27	0.000072	0.93	3299.8	594.48	0.11
Bombodji - Malanville	23211.76	PF 1	2806	152.19	162.03		162.1	0.000135	1.15	2850.52	634.3	0.15
Bombodji - Malanville	18600.12	PF 1	2806	153.46	161.73		161.74	0.000046	0.63	6014.89	1654.76	0.09
Bombodji - Malanville	14991.87	PF 1	2806	144.47	161.57		161.58	0.000041	0.56	8031.35	2856.74	0.08
Bombodji - Malanville	11326.59	PF 1	2806	153.91	161.38		161.4	0.000058	0.72	5191.48	1337.45	0.1
Bombodji - Malanville	8120.72	PF 1	2806	154.03	161.2		161.22	0.000059	0.69	4896.07	1196.24	0.1
Bombodji - Malanville	6764.52	PF 1	2806	152.4	161.1		161.12	0.000081	0.78	4842.74	1588.76	0.11
Bombodji - Malanville	4765.47	PF 1	2806	153.39	160.92		160.96	0.000082	0.92	3050	488.54	0.12
Bombodji - Malanville	2666.23	PF 1	2806	153.35	160.75		160.78	0.000082	0.83	3372.84	625.93	0.11
Bombodji - Malanville	368.78	PF 1	2806	151.4	160.56		160.6	0.00008	0.94	4128.67	1037.73	0.12
Bombodji - Malanville	0	PF 1	2806	150.95	160.54	154.83	160.57	0.000063	0.89	4704.73	1167.12	0.11

Figure 20 : Comparaison ligne d'eau en crue vingtennale du fleuve avec endiguement de nouveaux périmètres et cote digue APD ou existante

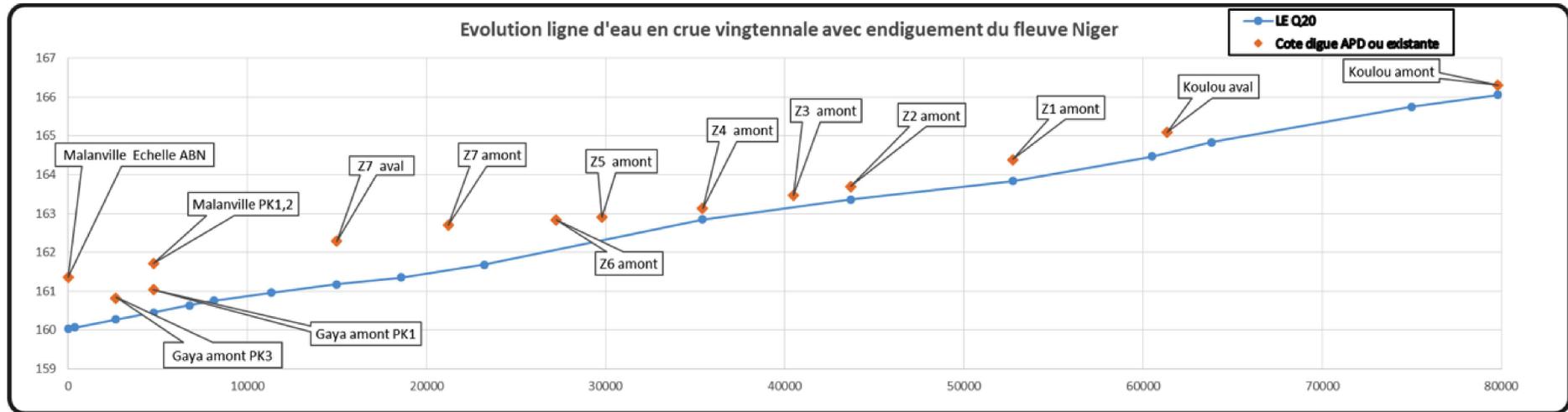


Tableau 33 : Résultats de la simulation de la ligne d'eau en crue vingtennale du fleuve Niger avec endiguement de nouveaux périmètres

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Bombodji - Malanville	79816.13	PF 1	2503	158.25	166.06		166.1	0.000075	0.87	3167.11	644.78	0.11
Bombodji - Malanville	75006.07	PF 1	2503	158.65	165.75		165.77	0.000058	0.63	3959.77	861.9	0.09
Bombodji - Malanville	63805.21	PF 1	2503	156.32	164.83		164.88	0.000114	1.06	3111.69	953.05	0.14
Bombodji - Malanville	60508.19	PF 1	2503	152.2	164.47		164.52	0.000105	1.11	3167.57	997.05	0.13
Bombodji - Malanville	52730.31	PF 1	2503	155.42	163.84		163.87	0.000067	0.83	3969.11	1110.59	0.11
Bombodji - Malanville	43688.31	PF 1	2503	158.82	163.36		163.36	0.000047	0.5	10255.55	5183.1	0.08
Bombodji - Malanville	35406.86	PF 1	2503	152.93	162.85		162.89	0.000069	0.89	3075.27	592.58	0.11
Bombodji - Malanville	23211.76	PF 1	2503	152.19	161.68		161.74	0.000135	1.11	2625.95	633.52	0.15
Bombodji - Malanville	18600.12	PF 1	2503	153.46	161.35		161.37	0.00005	0.62	5397.43	1654.03	0.09
Bombodji - Malanville	14991.87	PF 1	2503	144.47	161.18		161.19	0.00005	0.58	6900.4	2855.77	0.09
Bombodji - Malanville	11326.59	PF 1	2503	153.91	160.96		160.98	0.000063	0.72	4630.74	1329.61	0.1
Bombodji - Malanville	8120.72	PF 1	2503	154.03	160.76		160.78	0.000065	0.69	4372.18	1195.6	0.1
Bombodji - Malanville	6764.52	PF 1	2503	152.4	160.64		160.67	0.000097	0.81	4122.11	1578.48	0.12
Bombodji - Malanville	4765.47	PF 1	2503	153.39	160.45		160.49	0.000083	0.89	2823.09	483.68	0.12
Bombodji - Malanville	2666.23	PF 1	2503	153.35	160.27		160.31	0.000088	0.81	3076.05	623.8	0.12
Bombodji - Malanville	368.78	PF 1	2503	151.4	160.07		160.1	0.00009	0.95	3614.87	1030.55	0.12
Bombodji - Malanville	0	PF 1	2503	150.95	160.04	154.65	160.07	0.00007	0.9	4124.65	1153.77	0.11

9.2. Annexe 2 : Calage - Dimensionnement canaux primaires et secondaires

Tableau 34 : Calage et dimensionnement du canal primaire CP1

		Long	Q pointe (L/s/ha)		3																
CP1		3692.05																			
				Ks =		60															
P.M	Canal	Longueur	Tn max	Surface irriguée	Débit Prélevé	Débit cumulé	h	b	m	A	P mouillé	Pente energie	Cote fond	PE Qmax	Contraintes	Différence de charge	Pente Fond canal	Vitesse	Cote Cavalier		
(m)	Tertiaire	(m)	(m)	(ha)	(m³/s)	(m³/s)	(m)	(m)		(m²)	(m)	(cm/km)	Projet	projet	Canaux Tertiaires et secondaire	(m)	(cm/km)	(m/s)	(m)		
0						0.3130	0.65	0.8	1	0.943	2.638	12.084	163.450	164.100			10.0	0.33	164.30		
200						0.3130	0.65	0.8	1	0.934	2.627	12.391	163.430	164.076			10.0	0.34	164.28		
435.82	CT1.1D	370.94	163.50	8.93	0.02679	0.2862	0.64	0.8	1	0.922	2.611	10.720	163.406	164.047	163.85	0.197	10.0	0.31	164.25		
601.71	CT1.1G	170.51	163.50	4.96	0.01488	0.2713	0.64	0.8	1	0.920	2.607	9.704	163.390	164.029	163.85	0.179	10.0	0.30	164.23		
601.71	CT1.2D	233.52	163.50	7.29	0.02187	0.2494	0.64	0.8	1	0.920	2.607	8.203	163.390	164.029	163.85	0.179	10.0	0.27	164.23		
752.08	CS1.1			10.12	0.03036	0.2191	0.64	0.8	1	0.925	2.615	6.224	163.375	164.016	163.65	0.366	10.0	0.24	164.22		
920.7	CT1.3D	379.04	163.40	11.59	0.03477	0.1843	0.65	0.8	1	0.938	2.633	4.239	163.358	164.006	163.75	0.256	10.0	0.20	164.21		
925.7	Giraudet 1					0.1843	0.65	0.8	1	0.939	2.634	4.232	163.357	164.006			10.0	0.20	164.21		
925.8	Giraudet 1					0.1843	0.60	0.6	1	0.720	2.297	8.547	163.250	163.850			10.0	0.26	164.05		
1346.84	CT1.4D	381.73	163.20	7.14	0.02142	0.1629	0.61	0.6	1	0.731	2.314	6.409	163.208	163.814	163.55	0.264	10.0	0.22	164.01		
1526.57	CT1.5D	160.43	163.25	5.76	0.01728	0.1456	0.61	0.6	1	0.743	2.333	4.908	163.190	163.802	163.60	0.202	10.0	0.20	164.00		
1811.02	CT1.6D	91.40	163.30	1.58	0.00474	0.1409	0.63	0.6	1	0.769	2.374	4.180	163.161	163.789	163.65	0.139	10.0	0.18	163.99		
2237.08	CT1.7D	162.69	163.35	5.11	0.01533	0.1255	0.65	0.6	1	0.816	2.444	2.837	163.119	163.771	163.70	0.071	10.0	0.15	163.97		
2400						0.1255	0.66	0.6	1	0.838	2.477	2.639	163.103	163.766			10.0	0.15	163.97		
2568.22	CT1.8D	278.61	163.25	9.28	0.02784	0.0977	0.68	0.6	1	0.862	2.512	1.482	163.086	163.762	163.60	0.162	10.0	0.11	163.96		
2573.22	Giraudet 2					0.0977	0.68	0.6	1	0.863	2.513	1.478	163.085	163.762			10.0	0.11	163.96		
2573.32	Giraudet 2					0.0977	0.55	0.3	1	0.468	1.856	7.621	163.100	163.650			10.0	0.21	163.85		
2899.37	CT1.9D	314.65	163.05	9.85	0.02955	0.0681	0.56	0.3	1	0.478	1.878	3.487	163.067	163.625	163.40	0.225	10.0	0.14	163.83		
3000						0.0681	0.56	0.3	1	0.488	1.896	3.313	163.057	163.622			10.0	0.14	163.82		
3212.64	CT1.10D	242.37	163.15	8.50	0.0255	0.0426	0.58	0.3	1	0.508	1.936	1.163	163.036	163.615	163.50	0.115	10.0	0.08	163.81		
3533.39	CT1.11D	293.71	163.20	9.21	0.02763	0.0150	0.61	0.3	1	0.550	2.016	0.117	163.004	163.611	163.55	0.061	10.0	0.03	163.81		
3692.05	CT1.12D	281.16	163.20	5.00	0.015	0.0150	0.62	0.3	1	0.574	2.061	0.104	162.988	163.611	163.55	0.061	10.0	0.03	163.81		
		3360.76		104.32																	

Figure 21 : Comparaison LE Canal Principal CP1 et contraintes hydrauliques des canaux secondaires et tertiaires

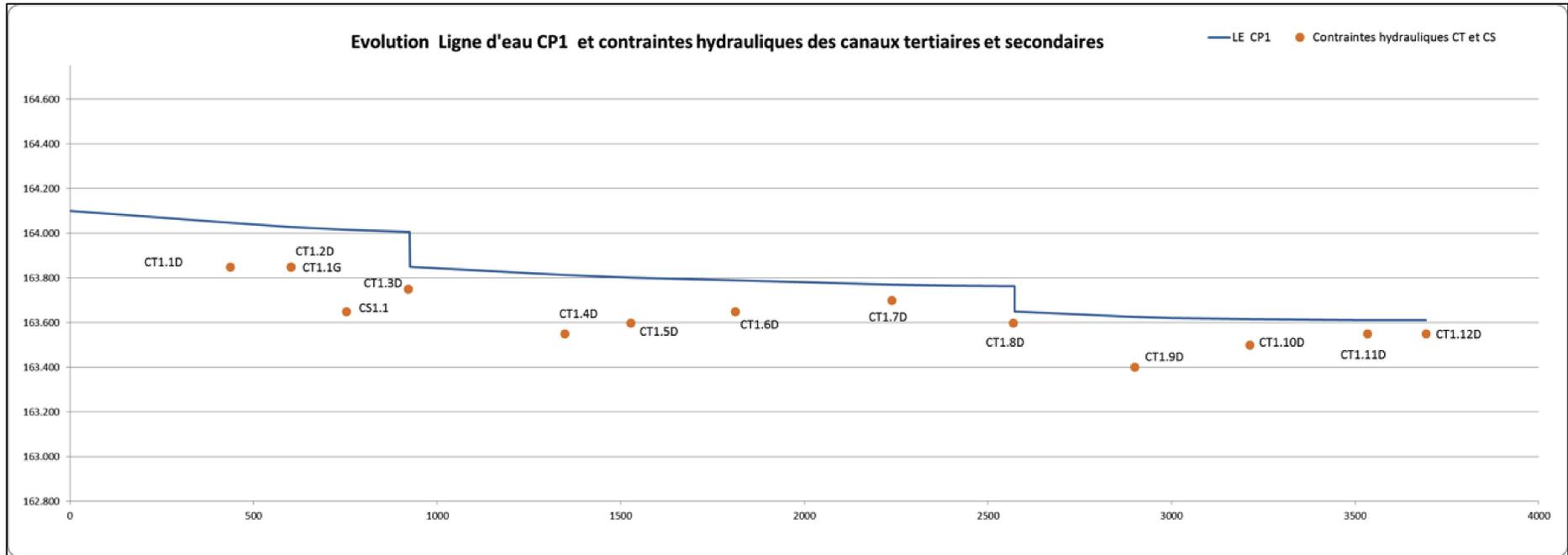


Tableau 35 : Calage et dimensionnement du canal secondaire CS1.1

		Long		Q pointe (L/s/ha)		3													
CS1.1		910.22				Ks = 60													
P.M	Canal	Tn max		Surface	Débit	Débit	h	b	m	A	P mouillé	Pente energie	Cote fond	PE Qmax	Contraintes Canaux Tertiaires	Différence de charge	Pente Fond canal	Vitesse	Cote Cavalier
(m)	Tertiaire	Longueur (m)	(m)	irriguée (ha)	Prélevé (m³/s)	cumulé (m³/s)	(m)	(m)		(m2)	(m)	(cm/km)	Projet	projet		(m)	(cm/km)	(m/s)	(m)
0						0.03036	0.25	0.4	1	0.163	1.107	12.523	163.300	163.550			10.0	0.19	163.70
100						0.0304	0.25	0.4	1	0.160	1.100	13.010	163.290	163.537			10.0	0.19	163.69
200						0.0304	0.24	0.4	1	0.158	1.091	13.622	163.280	163.524			10.0	0.19	163.67
300						0.0304	0.24	0.4	1	0.154	1.081	14.406	163.270	163.511			10.0	0.20	163.66
400						0.0304	0.24	0.4	1	0.150	1.069	15.437	163.260	163.496			10.0	0.20	163.65
456.96	CT1.1.1D	62.58	163.1	1.79	0.00537	0.0250	0.23	0.4	1	0.148	1.060	10.987	163.254	163.488	163.45	0.038	10.0	0.17	163.64
500						0.0250	0.23	0.4	1	0.147	1.059	11.061	163.250	163.483			10.0	0.17	163.63
597.63	CT1.1.2D	91.54	163.05	2.13	0.00639	0.0186	0.23	0.4	1	0.147	1.056	6.231	163.240	163.472	163.40	0.072	10.0	0.13	163.62
700						0.0186	0.24	0.4	1	0.150	1.067	5.858	163.230	163.466			10.0	0.12	163.62
800						0.0186	0.24	0.4	1	0.153	1.078	5.489	163.220	163.460			10.0	0.12	163.61
900						0.0186	0.24	0.4	1	0.157	1.091	5.119	163.210	163.454			10.0	0.12	163.60
910.22	CT1.1.3D	159.28	163.00	6.2	0.0186	0.0186	0.24	0.4	1	0.158	1.093	5.080	163.209	163.454	163.35	0.104	10.0	0.12	163.60
		313.4		10.12															

Figure 22 : Comparaison LE Canal Secondaire CS1.1 et contraintes hydrauliques des canaux tertiaires

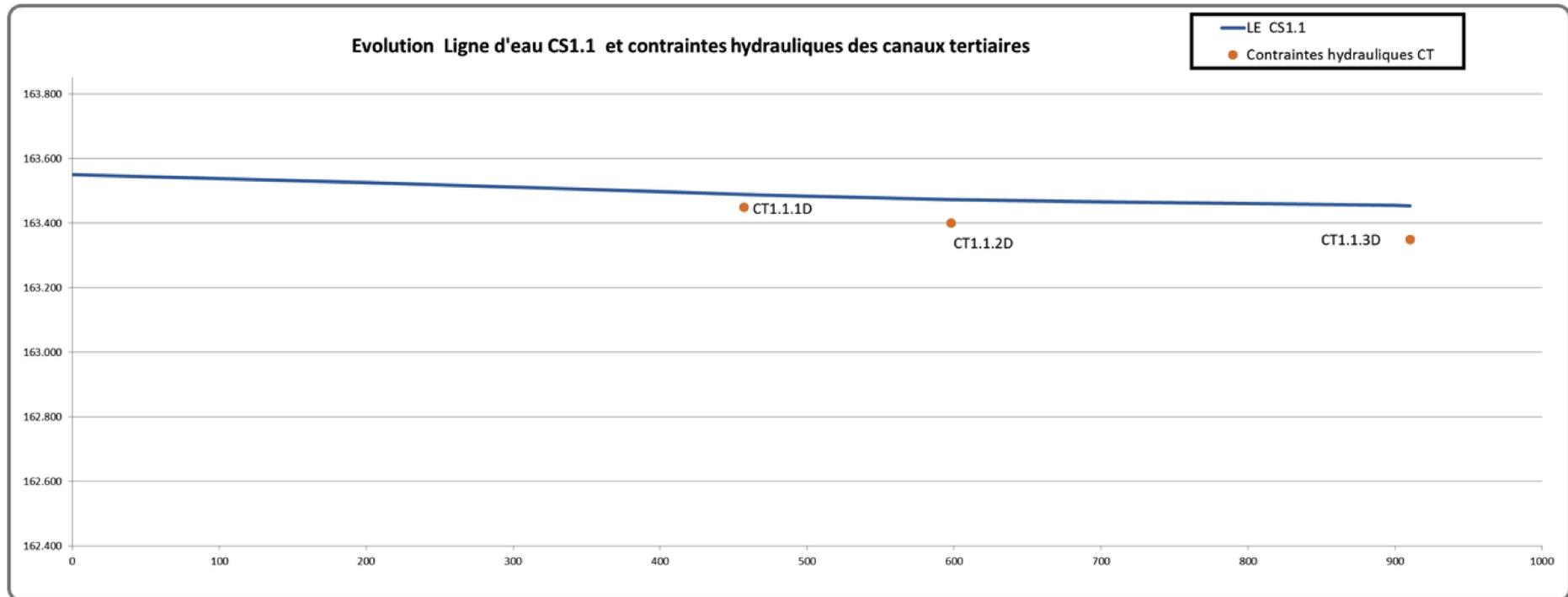
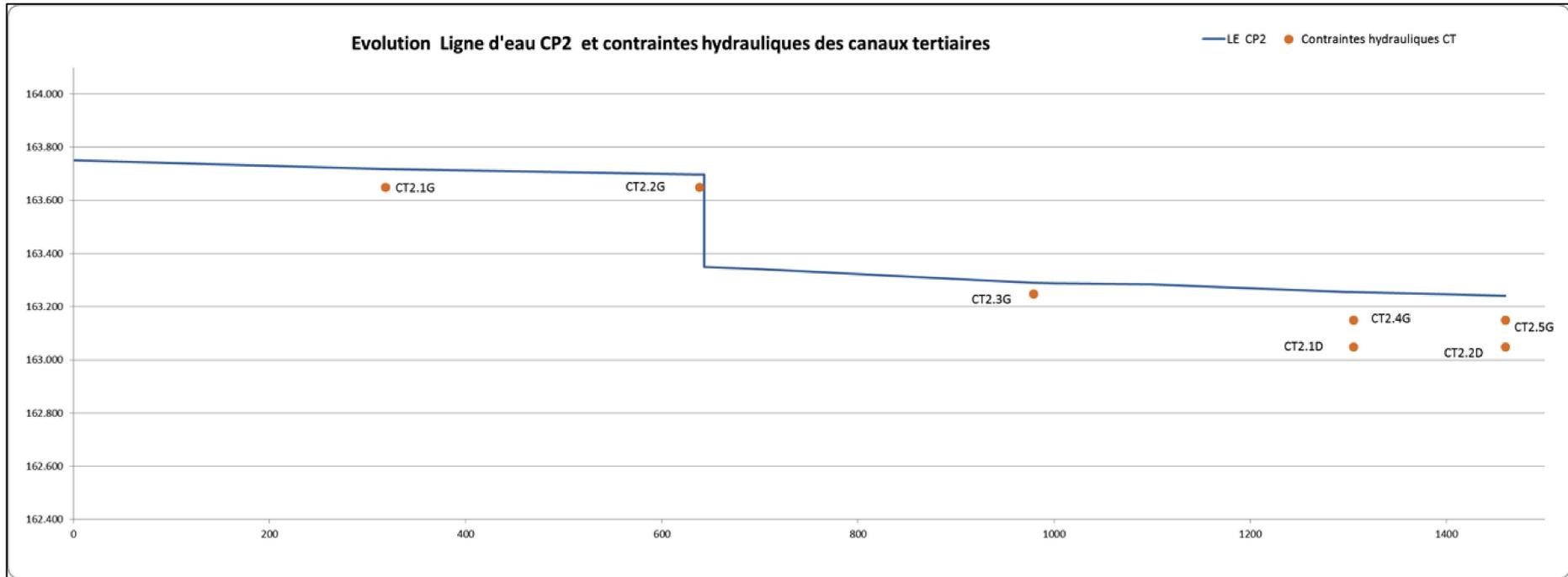


Tableau 36 : Calage et dimensionnement du canal primaire CP2

		Long			Q pointe (L/s/ha)	3													
		CP2	1460.00			Ks = 60													
P.M	Canal			Surface	Débit	Débit	h	b	m	A	P mouillé	Pente energie	Cote fond	PE Qmax	Contraintes Canaux Tertiaires	Différence de charge	Pente Fond canal	Vitesse	Cote Cavalier
	Tertiaire	Longueur (m)	Tn max (m)	irriguée (ha)	Prélevé (m³/s)	cumulé (m³/s)	(m)	(m)		(m2)	(m)	(cm/km)	Projet	projet		(m)	(cm/km)	(m/s)	(m)
0						0.1378	0.50	0.6	1	0.550	2.014	9.837	163.250	163.750			10.0	0.25	163.95
100						0.1378	0.50	0.6	1	0.550	2.015	9.825	163.240	163.740			10.0	0.25	163.94
317.9	CT2.1G	304.63	163.30	7.45	0.02235	0.1154	0.50	0.6	1	0.551	2.016	6.875	163.218	163.719	163.65	0.069	10.0	0.21	163.92
320						0.1154	0.50	0.6	1	0.551	2.016	6.871	163.218	163.719			10.0	0.21	163.92
638.08	CT2.2G	274.91	163.30	6.48	0.01944	0.0960	0.51	0.6	1	0.567	2.044	4.399	163.186	163.697	163.65	0.047	10.0	0.17	163.90
643.08	Giraudet 1					0.0960	0.51	0.6	1	0.567	2.045	4.389	163.186	163.697			10.0	0.17	163.90
643.18	Giraudet 1					0.0960	0.42	0.4	1	0.344	1.588	16.553	162.930	163.350			10.0	0.28	163.55
700						0.0960	0.42	0.4	1	0.340	1.577	17.159	162.924	163.341			10.0	0.28	163.54
800						0.0960	0.41	0.4	1	0.331	1.557	18.403	162.914	163.323			10.0	0.29	163.52
900						0.0960	0.40	0.4	1	0.321	1.533	20.005	162.904	163.305			10.0	0.30	163.51
978.69	CT2.3G	270.56	162.90	5.01	0.01503	0.0809	0.39	0.4	2	0.466	2.157	6.474	162.896	163.289	163.25	0.039	11.0	0.17	163.49
1000						0.0809	0.39	0.4	3	0.623	2.891	3.633	162.894	163.288			12.0	0.13	163.49
1100						0.0809	0.40	0.4	1	0.323	1.538	14.023	162.882	163.284			10.0	0.25	163.48
1200						0.0809	0.40	0.4	1	0.318	1.526	14.601	162.872	163.270			10.0	0.25	163.47
1300						0.0809	0.39	0.4	1	0.312	1.513	15.297	162.862	163.256			10.0	0.26	163.46
1304.94	CT2.4G	340.62	162.80	3.92	0.01176	0.0692	0.39	0.4	1	0.312	1.512	11.205	162.862	163.255	163.15	0.105	10.0	0.22	163.45
1304.94	CT2.1D	174.47	162.70	2.00	0.006	0.0632	0.39	0.4	1	0.312	1.512	9.345	162.862	163.255	163.05	0.205	10.0	0.20	163.45
1400						0.0632	0.39	0.4	1	0.313	1.514	9.286	162.852	163.246			10.0	0.20	163.45
1460	CT2.5G	399.49	162.80	11.88	0.03564	0.0275	0.39	0.4	1	0.313	1.515	1.757	162.846	163.240	163.15	0.090	10.0	0.09	163.44
1460	CT2.2D	339.27	162.70	9.18	0.02754	0.0275	0.39	0.4	1	0.313	1.515	1.757	162.846	163.240	163.05	0.190	10.0	0.09	163.44
		2103.95		45.92															

Figure 23 : Comparaison LE Canal Principal CP2 et contraintes hydrauliques des canaux tertiaires



9.3. Annexe 3 : Calage et dimensionnement des drains

Figure 24 : Evolution cote fond débouché drains tertiaires, secondaires et cote fond drain principal de Koulou

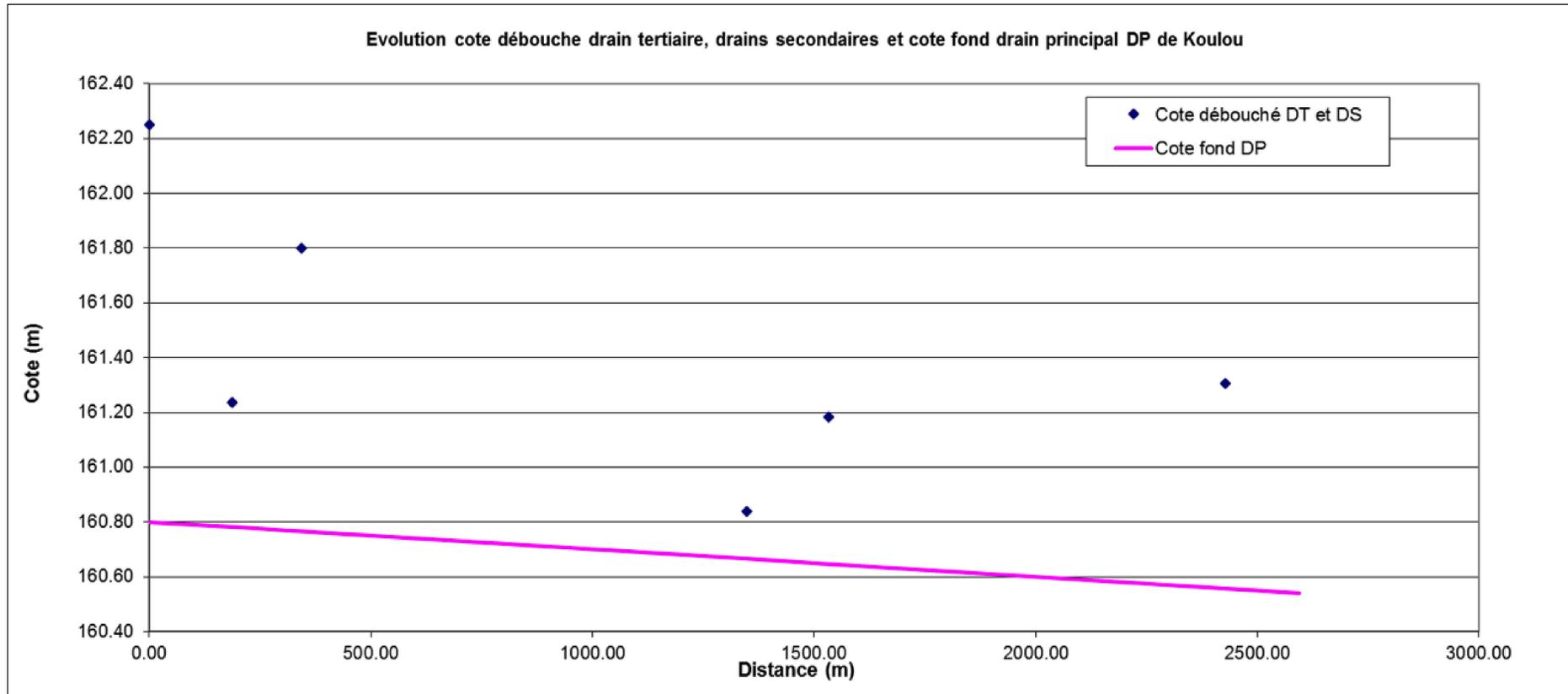


Tableau 37 : Calage et dimensionnement du drain principal de Koulou

			Ks =	25								
			Débit équip =	2.9								
P.M	Drains	Surface Drainée Cumulée (ha)	Débit cumulé (m3/s)	h (m)	b (m)	m	S (m2)	P mouillé (m)	Pente energie (cm/km)	Cote fond Projet	PE Qmax projet	Vitesse (m/s)
0.00			0.021837	0.60	2.00	1.5	1.740	4.163	0.08	160.80	161.40	
0.00	DT1D	7.53	0.021837	0.60	2.00	1.5	1.740	4.163	0.08	160.80	161.40	0.013
187.68	DS1	39.61	0.114869	0.62	2.00	1.5	1.811	4.230	1.99	160.78	161.40	0.063
343.61	DT2D	45.79	0.132791	0.63	2.00	1.5	1.860	4.275	2.48	160.77	161.40	0.071
1347.68	DS2	111.83	0.324307	0.71	2.00	1.5	2.162	4.548	9.70	160.67	161.37	0.150
1532.81	DS3	139.06	0.403274	0.71	2.00	1.5	2.165	4.550	14.95	160.65	161.35	0.186
2428.57	DS4	150.24	0.435696	0.66	2.00	1.5	1.985	4.390	22.22	160.56	161.22	0.220
2593.34			0.435696	0.64	2.00	1.5	1.905	4.317	24.91	160.54	161.18	0.229

Figure 25 : Evolution cote fond débouché drains tertiaires et cote fond drain secondaire DS1

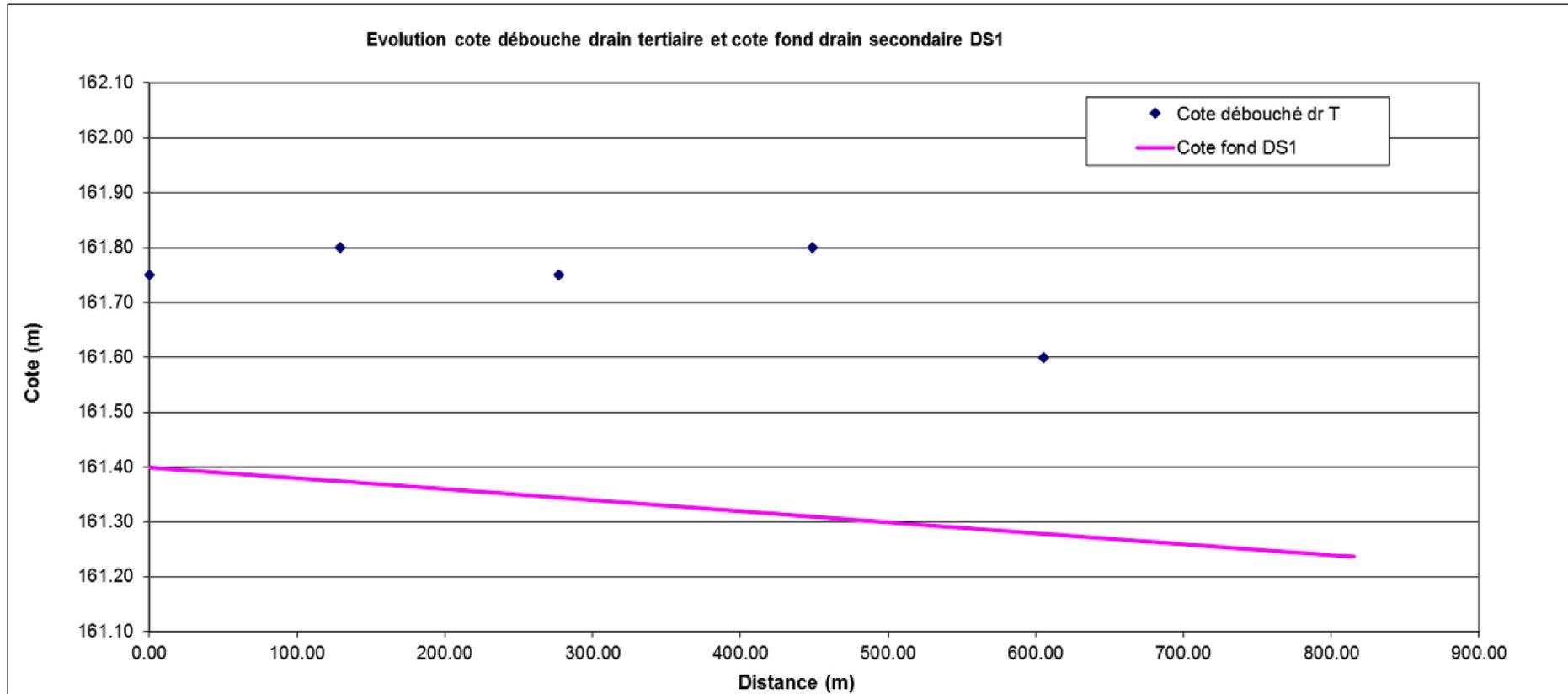


Tableau 38 : Calage et dimensionnement du drain secondaire DS1

			Ks =	25								
			Débit équip =	2.9								
P.M	Drains	Surface Drainée Cumulée (ha)	Débit cumulé (m3/s)	h (m)	b (m)	m	S (m2)	P mouillé (m)	Pente energie (cm/km)	Cote fond Projet	PE Qmax projet	Vitesse (m/s)
0.00			0.005655	0.32	1.00	1.5	0.474	2.154	0.17	161.40	161.72	
0.00	DT1.1G	1.95	0.005655	0.32	1.00	1.5	0.474	2.154	0.17	161.40	161.72	0.012
129.12	DT1.1D	5.83	0.016907	0.35	1.00	1.5	0.525	2.246	1.15	161.37	161.72	0.032
276.86	DT1.2G	13.05	0.037845	0.37	1.00	1.5	0.583	2.346	4.33	161.34	161.72	0.065
449.07	DT1.2D	19.32	0.056028	0.40	1.00	1.5	0.641	2.444	7.28	161.31	161.71	0.087
605.04	DT1.3G	29.87	0.086623	0.42	1.00	1.5	0.685	2.515	14.48	161.28	161.70	0.126
805.17	DT1.3D	32.08	0.093032	0.43	1.00	1.5	0.710	2.555	15.12	161.24	161.67	0.131
815.29		32.08	0.093032	0.43	1.00	1.5	0.712	2.557	15.06	161.24	161.67	0.131

Figure 26 : Evolution cote fond débouché drains tertiaires et cote fond sous drain secondaire DS2 s1D`

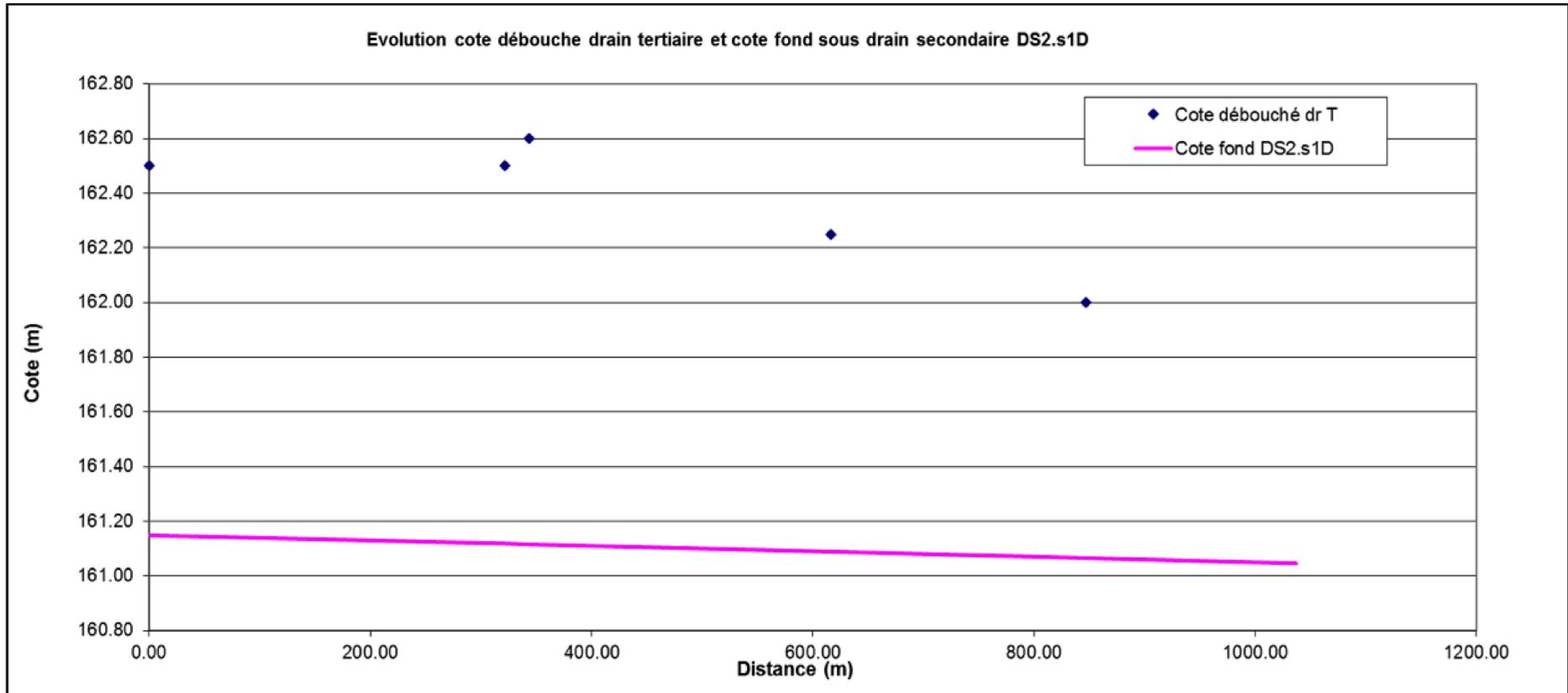


Tableau 39 : Calage et dimensionnement du sous drain secondaire DS2 s1D

			Ks =	25								
			Débit équip =	2.9								
P.M	Drains	Surface Drainée Cumulée (ha)	Débit cumulé (m3/s)	h (m)	b (m)	m	S (m2)	P mouillé (m)	Pente energie (cm/km)	Cote fond Projet	PE Qmax projet	Vitesse (m/s)
0.00			0.007018	0.15	2.00	1.5	0.334	2.541	1.06	161.15	161.30	
0.00	DT2.1.1G	2.42	0.007018	0.15	2.00	1.5	0.334	2.541	1.06	161.15	161.30	0.021
321.78	DT2.1.2G	4.96	0.014384	0.18	2.00	1.5	0.405	2.645	2.45	161.12	161.30	0.035
343.40	DT2.1.3G	7.46	0.021634	0.18	2.00	1.5	0.410	2.650	5.38	161.12	161.30	0.053
616.39	DT2.1.4G	10.08	0.029232	0.19	2.00	1.5	0.442	2.696	7.81	161.09	161.28	0.066
847.19	Parcelle	11.49	0.033321	0.20	2.00	1.5	0.455	2.714	9.28	161.07	161.26	0.073
1036.69		11.49	0.033321	0.20	2.00	1.5	0.466	2.729	8.65	161.05	161.25	0.072

Figure 27 : Evolution cote fond débouché drains tertiaires et cote fond drain secondaire DS2`

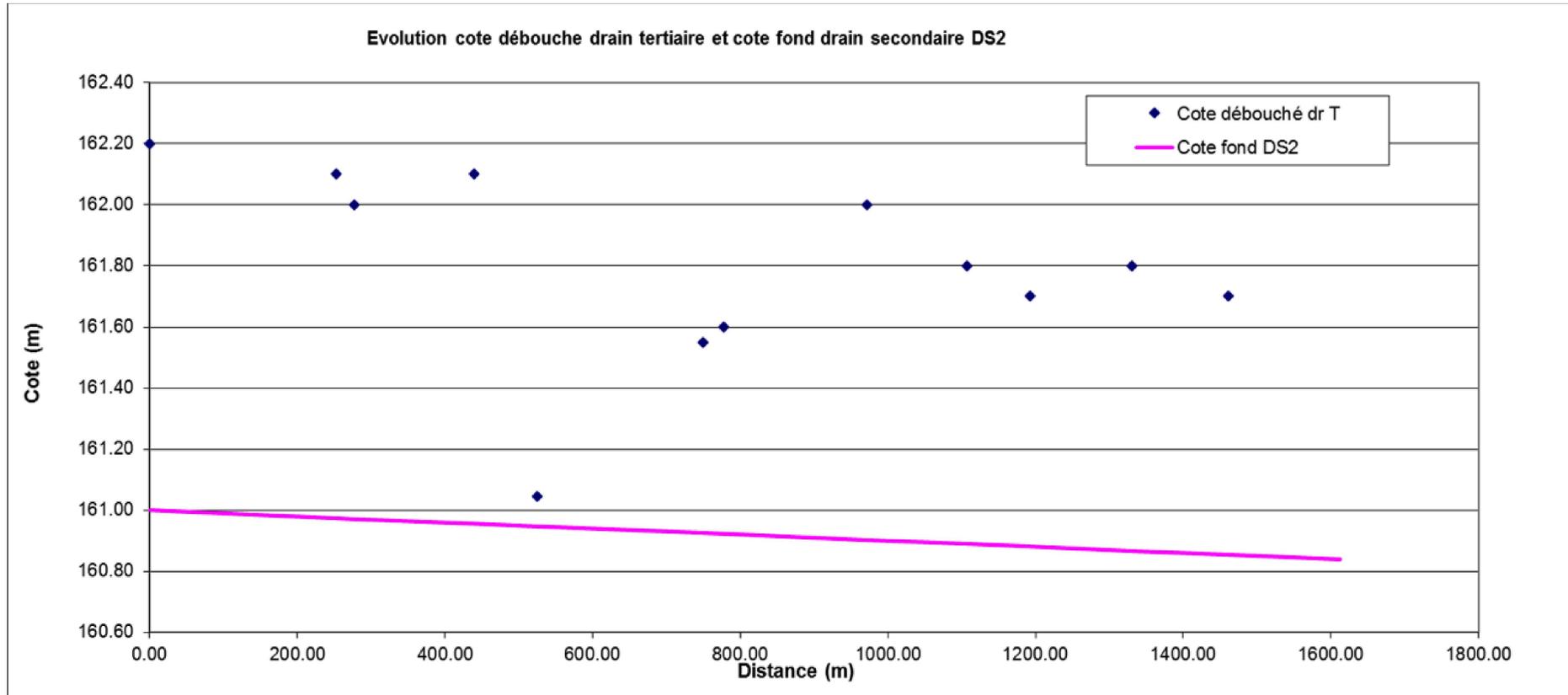


Tableau 40 : Calage et dimensionnement du drain secondaire DS2

		Ks =	25									
		Débit équip =	2.9									
P.M	Drains	Surface Drainée Cumulée (ha)	Débit cumulé (m3/s)	h (m)	b (m)	m	S (m2)	P mouillé (m)	Pente energie (cm/km)	Cote fond Projet	PE Qmax projet	Vitesse (m/s)
0.00			0.013717	0.53	2.00	1.5	1.481	3.911	0.05	161.00	161.53	
0.00	DT2.1L	4.73	0.013717	0.53	2.00	1.5	1.481	3.911	0.05	161.00	161.53	0.009
253.17	DT2.1G	5.79	0.016791	0.56	2.00	1.5	1.573	4.002	0.06	160.97	161.53	0.011
277.61	DT2.1D	11.48	0.033292	0.56	2.00	1.5	1.582	4.011	0.25	160.97	161.53	0.021
439.79	DT2.2G	16.61	0.048169	0.57	2.00	1.5	1.640	4.068	0.46	160.96	161.53	0.029
525.36	DS2.s1D	28.10	0.08149	0.58	2.00	1.5	1.671	4.097	1.26	160.95	161.53	0.049
750.11	DT2.3G	31.30	0.09077	0.60	2.00	1.5	1.745	4.168	1.38	160.92	161.53	0.052
777.77	DT2.2D	35.20	0.10208	0.60	2.00	1.5	1.754	4.176	1.72	160.92	161.53	0.058
971.44	DT2.3D	41.96	0.121684	0.62	2.00	1.5	1.815	4.234	2.22	160.90	161.52	0.067
1106.92	DT2.4D	47.78	0.138562	0.63	2.00	1.5	1.856	4.272	2.71	160.89	161.52	0.075
1193.01	DT2.5D	54.16	0.157064	0.64	2.00	1.5	1.881	4.295	3.36	160.88	161.52	0.084
1330.09	DT2.6D	59.62	0.172898	0.65	2.00	1.5	1.916	4.328	3.86	160.87	161.51	0.090
1461.70	DT2.7D	66.04	0.191516	0.65	2.00	1.5	1.948	4.357	4.52	160.85	161.51	0.098
1612.64		66.04	0.191516	0.66	2.00	1.5	1.981	4.387	4.32	160.84	161.50	0.097

Figure 28 : Evolution cote fond débouché drains tertiaires et cote fond drain secondaire DS3`

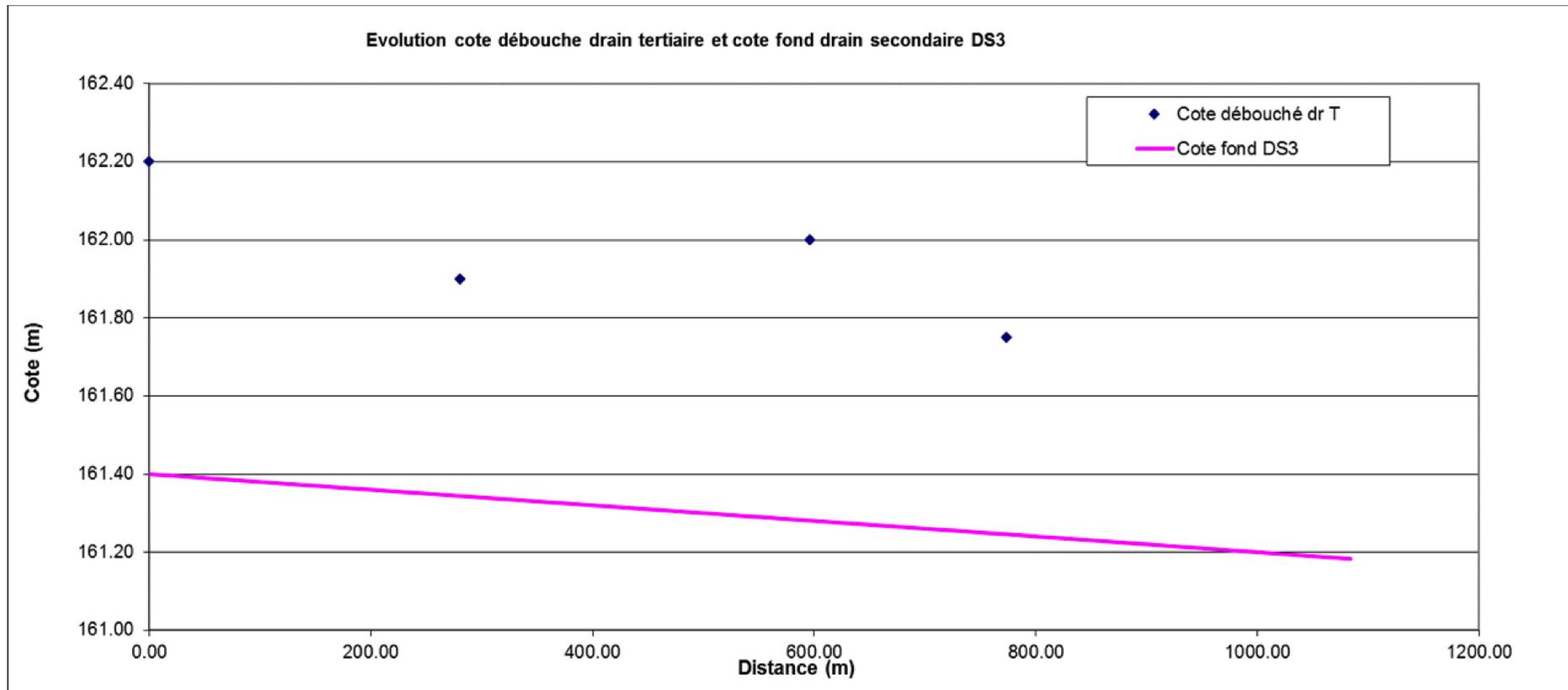


Tableau 41 : Calage et dimensionnement du drain secondaire DS3

		Ks =	25										
		Débit équip =	2.9										
P.M	Drains	Surface Drainée	Débit cumulé	h	b	m	S	P mouillé	Pente energie	Cote fond	PE Qmax	Vitesse	
		Cumulée (ha)	(m3/s)	(m)	(m)	(m2)	(m)	(cm/km)	Projet	projet	(m/s)		
0.00			0.026158	0.30	1.00	1.5	0.435	2.082	4.67	161.40	161.70		
0.00	DT3.1G	9.02	0.026158	0.30	1.00	1.5	0.435	2.082	4.67	161.40	161.70	0.060	
280.73	DT3.2G	18.09	0.052461	0.34	1.00	1.5	0.520	2.237	11.42	161.34	161.69	0.101	
596.00	DT3.3G	22.23	0.064467	0.37	1.00	1.5	0.576	2.334	12.99	161.28	161.65	0.112	
773.30	DT3.4G	27.23	0.078967	0.38	1.00	1.5	0.602	2.379	17.20	161.25	161.63	0.131	
1084.06		27.23	0.078967	0.39	1.00	1.5	0.621	2.411	15.80	161.18	161.57	0.127	

Figure 29 : Evolution cote fond débouché drains tertiaires et cote fond drain secondaire DS4`

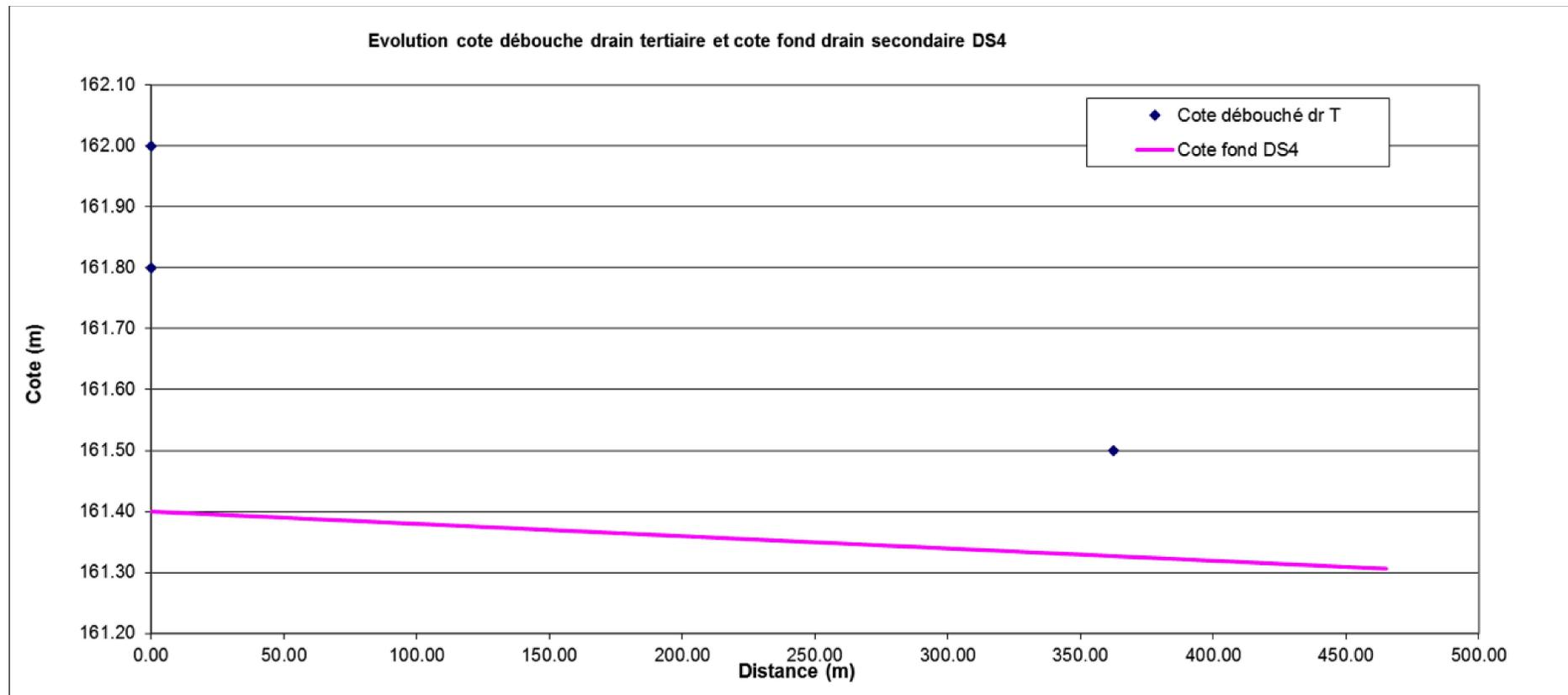


Tableau 42 : Calage et dimensionnement du drain secondaire DS4

		Ks =	25									
		Débit équip =	2.9									
P.M	Drains	Surface Drainée Cumulée (ha)	Débit cumulé (m3/s)	h (m)	b (m)	m	S (m2)	P mouillé (m)	Pente energie (cm/km)	Cote fond Projet	PE Qmax projet	Vitesse (m/s)
0.00			0.0058	0.30	1.00	1.5	0.435	2.082	0.23	161.40	161.70	
0.00	DT4.1L	2.00	0.0058	0.30	1.00	1.5	0.435	2.082	0.23	161.40	161.70	0.013
0.00	DT4.1G	6.18	0.017922	0.30	1.00	1.5	0.435	2.082	2.19	161.40	161.70	0.041
362.30	DT4.2G	11.18	0.032422	0.36	1.00	1.5	0.564	2.314	3.48	161.33	161.69	0.058
465.20		11.18	0.032422	0.38	1.00	1.5	0.600	2.376	2.93	161.31	161.69	0.054

9.4. Annexe 4 : Calage et dimensionnement des ouvrages ponctuels

Tableau 43 : Cotes de calages des prises tertiaires sur CP1

Canal tertiaire	P.M.	Surface irriguée	Débit	Conditions amont		Type module	PE nominal	Cote béton 1 ^{ère} phase	Cote seuil module	TN max parcelles	PE tertiaire	Longueur	Cote cavalier Canal tertiaire
				PEQ Max	PEQ0								
	m	ha	l/s	m+	m+	-	m+	m+	m+	m+	m+	m	m+
	0.00			164.10	163.91		163.96	163.70	163.78				
	200.00			164.08	163.91		163.95	163.69	163.77				
CT1.1D	435.82	8.93	26.79	164.05	163.91	X2 30	163.94	163.68	163.76	163.50	163.75	370.94	163.95
CT1.1G	601.71	4.96	14.88	164.03	163.91	X2 15	163.94	163.68	163.76	163.50	163.75	170.51	163.95
CT1.2D	601.71	7.29	21.87	164.03	163.91	X2 25	163.94	163.68	163.76	163.50	163.75	233.52	163.95
CS1.1	752.08	10.12	30.36	164.02	163.91	X2 30	163.94	163.68	163.76				
CT1.3D	920.70	11.59	34.77	164.01	163.91	X2 40	163.93	163.67	163.75	163.40	163.65	379.04	163.85
Giraudet 1	925.70			164.01	163.91		163.93	163.67	163.75				
Giraudet 1	925.80			163.85	163.66		163.71	163.45	163.53				
CT1.4D	1346.84	7.14	21.42	163.81	163.66	X2 25	163.70	163.44	163.52	163.20	163.45	381.73	163.65
CT1.5D	1526.57	5.76	17.28	163.80	163.66	X2 20	163.70	163.44	163.52	163.25	163.50	160.43	163.70
CT1.6D	1811.02	1.58	4.74	163.79	163.66	X2 15	163.70	163.44	163.52	163.30	163.55	91.40	163.75
CT1.7D	2237.08	5.11	15.33	163.77	163.66	X2 15	163.69	163.43	163.51	163.35	163.60	162.69	163.80
	2400.00			163.77	163.66		163.69	163.43	163.51				
CT1.8D	2568.22	9.28	27.84	163.76	163.66	X2 30	163.69	163.43	163.51	163.25	163.50	278.61	163.70
Giraudet 2	2573.22			163.76	163.66		163.69	163.43	163.51				
Giraudet 2	2573.32			163.65	163.65		163.65	163.39	163.47				
CT1.9D	2899.37	9.85	29.55	163.63	163.63	X2 30	163.63	163.37	163.45	163.05	163.30	314.65	163.50
	3000.00			163.62	163.62		163.62	163.36	163.44				
CT1.10D	3212.64	8.50	25.5	163.61	163.61	X2 30	163.61	163.35	163.43	163.15	163.40	242.37	163.60
CT1.11D	3533.39	9.21	27.63	163.61	163.61	X2 30	163.61	163.35	163.43	163.20	163.45	293.71	163.65
CT1.12D	3692.05	5.00	15	163.61	163.61	X2 15	163.61	163.35	163.43	163.20	163.45	281.16	163.65

Tableau 44 : Cotes de calages des prises tertiaires sur CS1.1

Canal tertiaire	P.M.	Surface irriguée	Débit	Conditions amont		Type module	PE nominal	Cote béton 1 ^{ère} phase	Cote seuil module	TN max parcelles	PE tertiaire	Longueur	Cote cavalier Canal tertiaire
				PEQ Max	PEQ0								
	m	ha	l/s	m+	m+	-	m+	m+	m+	m+	m+	m	m+
	0.00			163.55	163.45		163.48	163.22	163.30				
	100.00			163.54	163.45		163.47	163.21	163.29				
	200.00			163.52	163.45		163.47	163.21	163.29				
	300.00			163.51	163.45		163.47	163.21	163.29				
	400.00			163.50	163.45		163.46	163.20	163.28				
CT1.1.1D	456.96	1.79	5.37	163.49	163.45	X2 15	163.46	163.20	163.28	163.10	163.35	163.55	163.55
	500.00			163.48	163.45		163.46	163.20	163.28				
CT1.1.2D	597.63	2.13	6.39	163.47	163.45	X2 15	163.46	163.20	163.28	163.05	163.30	163.50	163.50
	700.00			163.47	163.45		163.45	163.19	163.27				
	800.00			163.46	163.45		163.45	163.19	163.27				
	900.00			163.45	163.45		163.45	163.19	163.27				
CT1.1.3D	910.22	6.20	18.60	163.45	163.45	X2 20	163.45	163.19	163.27	163.00	163.25	163.45	163.45
		10.12										490.50	

Tableau 45 : Cotes de calages des prises tertiaires sur CP2

Canal tertiaire	P.M.	Surface irriguée	Débit	Conditions amont		Type module	PE nominal	Cote béton 1 ^{ère} phase	Cote seuil module	TN max parcelles	PE tertiaire	Longueur	Cote cavalier Canal tertiaire
				PEQ Max	PEQ0								
	m	ha	l/s	m+	m+	-	m+	m+	m+	m+	m+	m	m+
	0.00			163.75	163.60		163.64	163.38	163.46				
	100.00			163.74	163.60		163.63	163.37	163.45				
CT2.1G	317.90	7.45	22.35	163.72	163.60	X2 25	163.63	163.37	163.45	163.30	163.55	304.63	163.75
	320.00			163.72	163.60		163.63	163.37	163.45				
CT2.2G	638.08	6.48	19.44	163.70	163.60	X2 20	163.62	163.36	163.44	163.30	163.55	274.91	163.75
Giraudet 1	643.08			163.70	163.60		163.62	163.36	163.44				
Giraudet 1	643.18			163.35	163.24		163.27	163.01	163.09				
	700.00			163.34	163.24		163.27	163.01	163.09				
	800.00			163.32	163.24		163.26	163.00	163.08				
	900.00			163.31	163.24		163.26	163.00	163.08				
CT2.3G	978.69	5.01	15.03	163.29	163.24	X2 15	163.25	162.99	163.07	162.90	163.15	270.56	163.35
	1000.00			163.29	163.24		163.25	162.99	163.07				
	1100.00			163.28	163.24		163.25	162.99	163.07				
	1200.00			163.27	163.24		163.25	162.99	163.07				
	1300.00			163.26	163.24		163.24	162.98	163.06				
CT2.4G	1304.94	3.92	11.76	163.25	163.24	X2 15	163.24	162.98	163.06	162.80	163.05	340.62	163.25
CT2.1D	1304.94	2.00	6	163.25	163.24	X2 15	163.24	162.98	163.06	162.70	162.95	174.47	163.15
	1400.00			163.25	163.24		163.24	162.98	163.06				
CT2.5G	1460.00	11.88	35.64	163.24	163.24	X2 40	163.24	162.98	163.06	162.80	163.05	399.49	163.25
CT2.2D	1460.00	9.18	27.54	163.24	163.24	X2 30	163.24	162.98	163.06	162.70	162.95	339.27	163.15
		45.92										2103.95	

Tableau 46 : Calage et dimensionnement des déversoirs de sécurité sur CP et CS

Canal primaire ou secondaire	Superficie irriguée	P.M.	PEmax à la fin du canal	Débit à évacuer	Charge sur déversoir	Longueur calculée du déversoir	Cote de calage du déversoir	Longueur du déversoir à exécuter
	ha	m	m+	L/s	m	m	m+	m
CS1.1	10.12	759.35	163.46	6.1	0.05	0.38	163.51	0.50
CP1	104.32	3682.05	163.61	69.5	0.05	4.39	163.66	4.50
CP2	45.92	1305	163.25	30.6	0.05	1.93	163.30	2.00

Tableau 47 : Calage et dimensionnement des régulateurs de type « Giraudet » sur CP

Canal	Régulateur	P.M	Surface irriguée à l'aval (ha)	PE amont à Qmax (m)	Qmax à transiter (l/s)	Charge sur déversoir (m)	Longueur déversoir Calculée (m)	Cote seuil déversoir (m)	Longueur déversoir à exécuter (m)	Type
Secondaire	R1	925.7	61.43	164.01	184.29	0.1	3.655	163.91	3.7	Bec de canard
CP1	R2	2573.22	32.56	163.76	97.68	0.1	1.937	163.66	2	Bec de canard
CP2	R1	643.08	31.99	163.70	95.97	0.1	1.903	163.60	2	Bec de canard

9.5. Annexe 5 : Estimation du débit de pointe de la station de pompage

Tableau 48 : Consommation en eau du riz hivernale-irrigation gravitaire

Consommation en eau d'irrigation du riz en saison hivernale - irrigation gravitaire -Région de Gaya																								
No	Description (suivant standardisation FAO)	Formule	Unité	Juin			Juillet			Août			Sept.			Oct.			Nov.			Déc.		Total
1	Evapotranspiration de Référence (ET ₀)	(1)=Projet (Station Gaya)	mm	57.8	57.7	54.5	50.4	48.7	51.0	45.7	45.5	49.5	45.3	46.0	48.5	46.5	46.5	49.6	47.4	50.2	51.7	51.7	56.0	1 000
2	Saison Hivernale Riz	(2)=Superficie périmètre	ha																					150
3	Pourc. de la superficie totale sous irrigation	(3)=Projet	% / Max	-	3.50	3.50	3.50	3.50	25.0	50.0	75.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	70.0	40.0	10.0	100.0
4	Coefficient cultural (K _c)	(4)=Projet, Pub. FAO 29	-	-	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7	0.6	
5	Besoin en Eau (ET _{cult.} = K _c x ET ₀)	(5)=(1)x(4)	mm	-	35	33	35	34	36	41	41	45	50	51	53	51	51	45	43	45	36	36	34	794
6	Pré-irrigation (S) et mise en boue	(6)=Projet	mm	-	150	0	0	0	150	75	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
7	Infiltration (In) (1 mm par jour sur sols argileux)	(7)=Projet	mm	-	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
8	Besoin en Eau total (ET _{cult.} + S + In)	(8)=(5)+(6)+(7)	mm	-	195	43	45	44	196	126	101	55	60	61	63	61	61	55	53	55	46	46	44	1 409
9	Pluie décadaire moyenne (P)	(9)=Projet (Station Gaya)	mm	30.2	34.5	44.3	53.6	50.4	73.8	81.5	77.9	83.3	72	48.8	24.9	15	5	2.1	0	0	0	0	0	697
10	Coefficient d'efficacité de pluie (e _p)	(10)=Projet, Pub. FAO 29	-	-	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
11	Pluie efficace (P _e =P x e _p)	(11)=(9)x(10)	mm	-	28	35	43	40	59	65	62	67	58	39	20	12	4	2	0	0	0	0	0	534
12	Besoin Net en Eau d'Irrigation (I _{net} =ET _{cult.} + S + In - P _e)	(12)=(8)-(11)	mm	-	167	7	2	4	137	61	39	-12	2	22	43	49	57	53	53	55	46	46	44	875
13	Efficacité du Système d'Irrigation (e _s)	(13)=Projet, ILRI Pub. 19	-	-	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
14	Besoin Brut en Eau d'Irrigation (I _{brut} = I _{net} / e _s)	(14)=(12)/(13)	mm	-	232	10	3	5	190	85	54	-17	3	30	60	68	79	74	73	77	64	64	61	1 215
15	Besoin Brut en Eau d'Irrigation en mm/jour (I _{brut} / 10)	(15)=(14)/30	mm/j	-	23	1	0	1	19	8	5	-2	0	3	6	7	8	7	7	8	6	6	6	
16	Débit spécifique continu pour 24h/24h	(16)=(15)/8,64	l/s/ha	-	2.7	0.1	0.0	0.1	2.2	1.0	0.6	-0.2	0.0	0.3	0.7	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	0.7	0.7	0.7	24h/24h
17	Superficie sous irrigation / Maximum	(17)=(2)x(3)/100	ha	-	5.25	5.25	5.25	5	38	75	113	150	150	150	150	150	150	150	150	150	105	60	15	150
18	Débit à la station de pompage pour 24h/24h	(18)=(16)x(17)/1000	m ³ /s	-	0.014	0.001	0.000	0.000	0.082	0.073	0.070	-0.029	0.005	0.052	0.105	0.119	0.138	0.128	0.127	0.133	0.078	0.045	0.011	
19	Débit à la station de pompage pour 10h/24h	(19)=(18)x(24/10)	m ³ /s	-	0.034	0.001	0.000	0.001	0.198	0.176	0.168	-0.070	0.013	0.125	0.251	0.284	0.331	0.306	0.305	0.319	0.187	0.107	0.025	
20	Volumes à la station de pompage en 10 ³ m ³ /décade	(20)=86.4x(18)	10 ³ m ³ / décade	-	12.2	0.5	0.2	0.3	71.2	63.5	60.4	-25.2	4.6	44.9	90.5	102.4	119.1	110.3	109.7	115.0	67.4	38.5	9.1	994
21	Consommation en eau d'irrigation en m ³ /ha	(20)=(19)/(17)	m ³ / ha	-																				6 629

Tableau 49 : Consommation en eau du riz en saison sèche - irrigation gravitaire

Consommation en eau d'irrigation du riz en saison sèche - irrigation gravitaire - région de Gaya																								
No	Description (suivant standardisation FAO)	Formule	Unité	Nov.			Déc.			Janv.			Fév.			Mars			Avr.			Mai		Total
1	Evapotranspiration de Référence (ET ₀)	(1)=Projet (Station Gaya)	mm	47.4	50.2	51.7	51.7	56.0	60.4	58.2	57.9	67.9	63.5	63.7	53.5	65.8	63.2	74.1	62.2	62.4	64.9	64.8	62.4	1 202
2	Saison Hivernale Riz	(2)=Superficie périmètre	ha																				150	
3	Pourc. de la superficie totale sous irrigation	(3)=Projet	% / Max	-	3.50	3.50	3.50	3.50	25.0	50.0	75.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	70.0	40.0	10.0	100.0
4	Coefficient cultural (K _c)	(4)=Projet, Pub. FAO 29	-	-	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7	0.6	
5	Besoin en Eau (ET _{cult.} = K _c x ET ₀)	(5)=(1)x(4)	mm	-	30	31	36	39	42	52	52	61	70	70	59	72	70	67	56	56	45	45	37	992
6	Pré-irrigation (S) et mise en boue	(6)=Projet	mm	-	150	0	0	0	150	75	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
7	Infiltration (In) (1 mm par jour sur sols argileux)	(7)=Projet	mm	-	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
8	Besoin en Eau total (ET _{cult.} + S + In)	(8)=(5)+(6)+(7)	mm	-	190	41	46	49	202	137	112	71	80	80	69	82	80	77	66	66	55	55	47	1 607
9	Pluie décadaire moyenne (P)	(9)=Projet (Station Gaya)	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	1.2	0.9	0.4	5.2	4.5	10.1	18.3	20.7	61.5
10	Coefficient d'efficience de pluie (e _p)	(10)=Projet, Pub. FAO 29	-	-	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
11	Pluie efficace (P _e =P x e _p)	(11)=(9)x(10)	mm	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	4	4	8	15	17	49
12	Besoin Net en Eau d'Irrigation (I _{net} =ET _{cult.} + S + In - P _e)	(12)=(8)-(11)	mm	-	190	41	46	49	202	137	112	71	80	80	69	81	79	76	62	63	47	41	31	1 558
13	Efficience du Système d'Irrigation (e _p)	(13)=Projet, ILRI Pub. 19	-	-	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
14	Besoin Brut en Eau d'Irrigation (I _{brut} = I _{net} / e _p)	(14)=(12)/(13)	mm	-	264	57	64	68	281	191	156	99	111	111	96	113	109	106	86	87	66	57	43	2 164
15	Besoin Brut en Eau d'Irrigation en mm/jour (I _{brut} / 10)	(15)=(14)/30	mm/j	-	26	6	6	7	28	19	16	10	11	11	10	11	11	11	9	9	7	6	4	
16	Débit spécifique continu pour 24h/24h	(16)=(15)/8,64	l/s/ha	-	3.1	0.7	0.7	0.8	3.3	2.2	1.8	1.1	1.3	1.3	1.1	1.3	1.3	1.2	1.0	1.0	0.8	0.7	0.5	24h/24h
17	Superficie sous irrigation / Maximum	(17)=(2)x(3)/100	ha	-	5.25	5.25	5.25	5	38	75	113	150	150	150	150	150	150	150	150	105	60	15	150	
18	Débit à la station de pompage pour 24h/24h	(18)=(16)x(17)/1000	m ³ /s	-	0.016	0.003	0.004	0.004	0.122	0.166	0.203	0.171	0.193	0.193	0.166	0.196	0.190	0.184	0.149	0.151	0.080	0.039	0.007	
19	Débit à la station de pompage pour 10h/24h	(19)=(18)x(24/10)	m ³ /s	-	0.039	0.008	0.009	0.010	0.293	0.398	0.487	0.412	0.462	0.462	0.398	0.471	0.456	0.442	0.358	0.362	0.192	0.094	0.018	
20	Volumes à la station de pompage en 10 ⁶ m ³ /décade	(20)=864x(18)	10 ⁶ m ³ / décade	-	13.9	3.0	3.4	3.6	105.4	143.1	175.2	148.1	166.4	166.5	143.4	169.6	164.2	159.1	128.8	130.3	69.1	33.9	6.4	1 933
21	Consommation en eau d'irrigation en m ³ /ha	(21)=(19)/(17)	m ³ / ha	-																				12 889

9.6. Annexe 6 : Terrassement canaux, drains et digue de protection

Tableau 50 : Volume de terrassement Digue de protection Koulou

N° Profils	ABSCISSE CURVILIGNE	REMBLAI VOLUME (m3)	DECAPAGE VOLUME (m3)
1	0	538,6	66,4
2	50	1953,3	180
3	100	2444,6	201,9
4	150	1688,8	167,1
5	200	1276,9	144,9
6	250	1091,9	138,2
7	306,78	1204,1	145,2
8	356,78	1461,6	155,2
9	406,78	1638,1	164,5
10	456,78	1609	163
11	506,78	1738,9	169,6
12	556,78	1638	164,5
13	606,78	1723,9	168,8
14	656,78	1711,9	168,2
15	706,78	1781,2	171,7
16	756,78	1778,1	171,5
17	806,78	1756,8	170,5
18	856,78	1808,6	173
19	906,78	1768,9	171,1
20	956,78	1614,9	159,9
21	1002,63	1470,6	152,5
22	1052,63	1497,6	157,1
23	1102,63	1571,3	161
24	1152,63	1559,8	160,4
25	1202,63	1480,8	156,2
26	1252,63	1379,3	150,7
27	1302,63	1352,5	149,2
28	1352,63	1310,1	146,8
29	1402,63	1276,1	144,8
30	1452,63	1304,7	146,5
31	1502,63	1263	144,1
32	1552,63	1323,1	147,5
33	1602,63	1368,4	150,1
34	1652,63	1472,1	155,8
35	1702,63	1455,6	157,2
36	1755,75	1537,9	161,7
37	1805,75	1455,2	154,8
38	1855,75	1161,3	138
39	1905,75	1288,6	145,5
40	1955,75	1879,1	176,4
41	2005,75	1236,9	142,5
42	2055,75	1203,8	140,6
43	2105,75	1163,7	138,2
44	2155,75	1322,6	147,5
45	2205,75	1384	150,9
46	2255,75	984,9	109,7
47	2280,07	995,7	110,3
48	2330,07	1369,1	150,1
49	2380,07	1342,4	148,6
50	2430,07	1103,3	134,5
51	2480,07	1243	142,9
52	2530,07	1091,2	133,7
53	2580,07	1237,8	142,6
54	2630,07	1258,4	143,8
55	2680,07	1279,1	145
56	2730,07	1355,5	149,3
57	2780,07	1336,8	148,3
58	2830,07	1286,8	145,4

N° Profils	ABSCISSE CURVILIGNE	REMBLAI VOLUME (m3)	DECAPAGE VOLUME (m3)
59	2880,07	1253,1	143,5
60	2930,07	1242,7	142,9
61	2980,07	1342	148,6
62	3030,07	2078,4	185,8
63	3080,07	1500,4	157,3
64	3130,07	1414,6	152,6
65	3180,07	1461,3	155,2
66	3230,07	1417,3	152,8
67	3280,07	1479,5	167,2
68	3345,07	1209,5	151
69	3395,07	972,5	126,2
70	3445,07	963,4	125,6
71	3495,07	1016,4	129
72	3545,07	752,3	110,9
73	3595,07	673	104,9
74	3645,07	780,3	106,7
75	3684,32	1414,6	144,4
76	3734,32	1634,3	164,3
77	3784,32	1913,6	178,1
78	3834,32	1219	141,5
79	3884,32	1216,5	141,3
80	3934,32	874,6	119,6
81	3984,32	986,5	127,1
82	4034,32	1333,1	148,1
83	4084,32	1221,4	141,6
84	4134,32	1007,2	128,4
85	4184,32	1004,9	128,3
86	4234,32	981,8	126,8
87	4284,32	1078	132,9
88	4334,32	990,9	127,4
89	4384,32	1030,4	129,9
90	4434,32	1028,1	129,8
91	4484,32	1068,3	132,3
92	4534,32	1016,3	129
93	4584,32	1211	141
94	4634,32	1053,9	131,4
95	4684,32	1183,2	139,4
96	4734,32	1145,7	137,6
97	4784,32	1053,8	131,4
98	4834,32	1037,3	130,3
99	4884,32	713,1	88,2
100	4900,94	712,6	88,2
101	4950,94	1038,8	130,4
102	5000,94	1108,1	134,8
103	5050,94	1062,4	131,9
104	5100,94	1117,8	135,4
105	5150,94	2256	193,7
106	5200,94	1098,3	134,2
107	5250,94	975,9	126,4
108	5300,94	853,7	118,1
109	5350,94	937,2	123,8
110	5400,94	1088,6	133,6
111	5450,94	839,6	102,5
112	5477,22	838,6	102,4
113	5527,22	1096,9	134,1
114	5577,22	1274,9	144,7
115	5627,22	1515,7	158,1
116	5677,22	1581,2	161,5
117	5727,22	1459,8	155,1
118	5777,22	1432,2	153,6

N° Profils	ABSCISSE CURVILIGNE	REMBLAI VOLUME (m3)	DECAPAGE VOLUME (m3)
119	5827,22	1340,4	148,5
120	5877,22	1282,5	145,2
121	5927,22	1077,4	132,9
122	5977,22	908,9	118,1
123	6020,95	907	118
124	6070,95	973,7	125,9
125	6120,4	1046,6	130,9
126	6170,95	1035,8	130,6
127	6220,95	1027,7	129,7
128	6270,95	956,2	125,1
129	6320,95	988,2	127,2
130	6370,95	898	121,2
131	6420,95	990,4	127,3
132	6470,95	981,2	126,7
133	6520,95	1027,6	129,7
134	6570,95	1004,2	128,2
135	6620,95	854,3	118,2
136	6670,95	1048,7	131,1
137	6720,95	1012,5	128,4
138	6770,4	1108,6	134,8
139	6820,95	869,8	119,6
140	6870,95	862,8	118,8
141	6920,95	1086,8	133,5
142	6970,95	1114,1	140,2
143	7028,66	774,6	116,7
144	7078,66	1517,5	158,2
145	7128,66	1172,1	138,7
146	7178,66	1010,5	128,6
147	7228,66	291,6	70
148	7278,66	1232,6	142,3
149	7328,66	1315,6	147,1
150	7378,66	1401,1	151,9
151	7428,66	1342	148,6
152	7478,66	1756,9	170,5
153	7528,66	1376,7	150,5
154	7578,66	1271	144,5
155	7628,66	1031,3	130
156	7678,66	1212	141,1
157	7728,66	1247,7	143,2
158	7778,66	1623,1	163,7
159	7828,66	1466,7	155,5
160	7878,66	1294,2	145,9
161	7928,66	1347	148,9
162	7978,66	1417,1	152,8
163	8028,66	1406,1	152,2
164	8078,66	1519,7	158,3
165	8128,66	1699,4	167,6
166	8178,66	1514	158
167	8228,66	1588	161,9
168	8278,66	1508,3	157,7
169	8328,66	1539,3	159,3
170	8378,66	1562,1	160,5
171	8428,66	1392,3	151,4
172	8478,66	1134,1	136,4
173	8528,66	1283,4	145,2
174	8578,66	1441,3	154,1
175	8628,66	1564,8	160,7
176	8678,66	1561,9	160,5
177	8728,66	1567,6	160,8
178	8778,66	1731,8	169,2

N° Profils	ABSCISSE CURVILIGNE	REMBLAI VOLUME (m3)	DECAPAGE VOLUME (m3)
179	8828,66	2258	193,8
180	8878,66	2096,7	195,8
181	8938,97	1979,8	190,1
182	8988,97	1469,8	131,4
183	9009,75	1714,6	142,2
184	9059,75	3154,7	230
185	9109,75	2500,7	204,2
186	9159,75	2300,9	205,3
187	9220,11	2822,5	228
188	9270,11	2775,8	215,4
189	9320,11	2851,7	218,4
190	9370,11	2734,3	213,8
191	9420,11	1980,2	181,2
192	9470,11	1872,7	176,1
193	9520,11	1530,5	158,9
194	9570,11	1370,5	150,2
195	9620,11	1312	146,9
196	9670,11	1317,2	147,2
197	9720,11	1330,4	147,9
198	9770,11	1351,6	149,1
199	9820,11	1285,6	145,4
200	9870,11	1283	145,2
201	9920,11	1288,2	145,5
202	9970,11	1749,6	170,1
203	10020,11	1418,9	152,9
204	10070,11	1364,1	140
205	10107,15	1445,6	144,2
206	10157,15	1811,1	173,1
207	10207,15	1619,8	163,5
208	10257,15	1625,6	163,8
209	10307,15	1648,9	165
210	10357,15	1996,4	182
211	10407,15	1907,3	177,8
212	10457,15	1810,9	173,1
213	10507,15	1593,5	162,2
214	10557,15	1547,6	159,8
215	10607,15	1519,2	158,3
216	10657,15	1533,3	159
217	10707,15	1795,4	172,4
218	10757,15	1596,2	162,3
219	10807,15	1636,9	164,4
220	10857,15	1573,1	161,1
221	10907,15	1604,8	162,8
222	10957,15	1698,7	167,6
223	11007,15	1607,6	162,9
224	11057,15	1305,1	136
225	11093,07	1296,1	135,5
226	11143,07	1565,1	160,7
227	11193,07	1562,3	160,5
228	11243,07	1533,8	159
229	11293,07	1898,1	177,3
230	11343,07	1419,6	152,9
231	11393,07	1550,7	159,9
232	11443,07	1651,9	165,2
233	11493,07	1502,6	157,4
234	11543,07	1386,5	147,4
235	11588,17	1329,4	144,3
236	11638,17	1444,3	154,2
237	11688,17	1392,4	151,4
238	11738,17	1447	154,4

N° Profils	ABSCISSE CURVILIGNE	REMBLAI VOLUME (m3)	DECAPAGE VOLUME (m3)
239	11788,17	1553,6	160,1
240	11838,17	1433,2	153,6
241	11888,17	1422,2	153
242	11938,17	1460,7	155,1
243	11988,17	1449,6	154,5
244	12038,17	1438,6	153,9
245	12088,17	1460,6	155,1
246	12138,17	1200,7	125,6
247	12171,3	1280,2	132,5
248	12221,3	1658,5	165,5
249	12271,3	1673,2	166,3
250	12321,3	1497,6	157,1
251	12371,3	1139,6	136,7
252	12421,3	1500,4	157,3
253	12471,3	1506	157,6
254	12521,3	1981	181,3
255	12571,3	1997	182
256	12621,3	1861	175,6
257	12671,3	1747,6	170
258	12721,3	1559,6	160,4
259	12771,3	1608,5	163
260	12821,3	1519,8	158,3
261	12871,3	2886,8	219,8
262	12921,3	2101	186,8
263	12971,3	2764,9	215
264	13021,3	1408,8	152,3
265	13071,3	1414,2	152,6
266	13121,3	1545,1	159,6
267	13171,3	1873	176,1
268	13221,3	1814,2	173,3
269	13271,3	1614	163,2
270	13321,3	1593,7	162,2
271	13371,3	1397,7	151,7
272	13421,3	1299,1	146,1
273	13471,3	966	125,7
274	13521,3	1141,4	136,8
275	13571,3	724,4	108,8
276	13621,3	240,5	64,1
277	13671,3	644,6	102,6
278	13721,3	1411,1	152,4
279	13771,3	1441,2	154,1
280	13821,3	1454,9	154,8
281	13871,3	1452,1	154,7
282	13921,3	1524,7	158,6
283	13971,3	1555,9	160,2
284	14021,3	1370,3	150,2
285	14071,3	1257,1	143,7
286	14121,3	1301,3	146,3
287	14171,3	1666	165,9
288	14221,3	1663,1	165,8
289	14271,3	1767,7	171
290	14321,3	1764,6	170,9
291	14371,3	1166,3	114,5
292	14389,25	1394,9	125,4
293	14439,25	1784,7	171,8
294	14489,25	1655,9	165,4
295	14539,25	1583,2	161,6
296	14589,25	1396	151,6
297	14639,25	1475,6	155,9
298	14689,25	1547,3	155,9

N° Profils	ABSCISSE CURVILIGNE	REMBLAI VOLUME (m3)	DECAPAGE VOLUME (m3)
299	14734,38	1495,3	153,2
300	14784,38	1467,4	155,5
301	14834,38	1302,8	146,3
302	14884,38	1140	136,7
303	14934,38	1220,1	141,5
304	14984,38	1120,3	135,5
305	15034,38	1139,9	136,7
306	15084,38	1352,9	149,2
307	15134,38	1286,9	145,4
308	15184,38	1299,9	146,2
309	15234,38	1273,8	144,7
310	15284,38	1531,6	158,9
311	15334,38	1199,6	140,3
312	15384,38	1378,4	144,1
313	15425,73	1550,6	153
314	15475,73	1096,2	134,1
315	15525,73	1584,5	157,9
316	15575,73	1506,5	157,6
317	15625,73	1342,9	154,2
318	15683,54	1258	149,2
319	15733,54	1331,1	153,2
320	15790,88	1361,7	146,7
321	15829,46	1191,1	131,7
322	15879,46	1480,9	156,2
323	15929,46	2468,5	202,9
324	15979,46	2036	183,8
325	16029,46	2171,1	190
326	16079,46	2167,8	189,8
327	16129,46	2245,4	193,3
328	16179,46	2366	198,5
329	16229,46	2446,9	202
330	16279,46	2059,3	178,1
331	16322,02	1854,7	168,8
332	16372,02	1876,9	176,3
333	16422,02	2095	186,5
334	16472,02	2758	214,7
335	16522,02	2500,5	204,2
336	16572,01	1892,2	177,1
337	16622,01	1617,5	163,4
338	16672,01	1323,3	147,5
339	16722,01	1368,6	150,1
340	16772,01	1318	147,2
341	16822,01	1444,7	154,3
342	16872,01	1585,5	161,8
343	16922,01	1556,8	160,3
344	16972,01	1649,4	165,1
345	17022,01	1336,4	148,3
346	17072,01	4190,2	266
347	17122,01	2068,2	185,3
348	17172,01	2317,1	196,4
349	17222,01	1472,1	155,8
350	17272,01	1330,9	147,9
351	17322,01	1400,6	151,8
352	17372,01	1497,1	157,1
353	17422,01	1403,3	152
354	17472,01	1068	119,5
355	17503,39	876,3	108,1
356	17553,39	1237,9	142,6
357	17603,39	1409,6	152,3
358	17653,39	1302,7	146,3

N° Profils	ABSCISSE CURVILIGNE	REMBLAI VOLUME (m3)	DECAPAGE VOLUME (m3)
359	17703,39	649,2	103
360	17753,39	1220	141,5
361	17803,39	1302,6	146,3
362	17853,39	1139,8	136,7
363	17903,39	973,6	126,2
364	17953,39	1149,6	137,3
365	18003,39	1260,8	143,9
366	18053,39	1328,8	147,8
367	18103,39	1278,9	145
368	18153,39	1169,4	138,5
369	18203,39	1212,1	141,1
370	18253,39	1214,5	136,5
371	18296,65	1286,7	140,5
372	18346,65	1377	150,5
373	18396,65	1423,1	153,1
374	18446,65	1469,9	155,6
375	18496,65	1603,2	162,7
376	18546,65	1548,6	159,8
377	18596,65	1520,2	158,3
378	18646,65	1682,1	166,7
379	18696,65	1984,4	181,4
380	18746,65	1914,4	178,1
381	18796,65	1997,2	182
382	18846,65	1984,3	181,4
383	18896,65	2048,9	184,4
384	18946,65	1873,5	176,2
385	18996,65	1814,6	173,3
386	19046,65	1387,3	151,1
387	19096,65	1466,7	155,5
388	19146,65	1670	166,1
389	19196,65	1222	141,7
390	19246,65	1304,7	146,5
391	19296,65	1016,1	105,2
392	19312,65	935,4	101
393	19362,83	2514,3	205
394	19412,83	2295,2	195,5
395	19462,83	2666,5	211,1
396	19512,83	1687,7	158,6
397	19552,83	1203,7	140,6
398	19612,83	1422,4	160,4
399	19662,83	1527,1	158,7
400	19712,83	1618,8	163,5
401	19762,83	1564	160,6
402	19812,83	997,4	105,7
403	19830,77	652,2	69,5
404	19857,79	1122,4	119,3
405	19907,79	2098,2	189,7
406	19961,09	2582,7	222,2
407	20022,73	1865,3	185,5
408	20072,73	908,5	121,9
409	20122,73	136,1	47,9
410	20164,81	0	13,7
TOTAL		593 512	62 156

Tableau 51 : Volume de terrassement canaux et digues

Récapitulatif du volume de déblais-remblais du réseau d'irrigation et de drainage de 150ha à Koulou						
Profil No	Longueur (m)	Volume decapage (m3)	Volume remblais (m3)	Volume cunette (m3)	Volume revêt. (m3)	Volume Deblais (m3)
CP1	3 692.05	2 455.09	17 805.18	6 497.47	1 513.29	
CP2	1 459.99	859.21	4 898.01	1 805.41	515.33	
Total	5 152	3 314	22 703	8 303	2 029	0
Récapitulatif du volume de déblais-remblais de la Digue de protection						
Profil No	Longueur (m)	Volume decapage (m3)	Volume remblais (m3)			
Digue Prot.	19 875.75	62 156.00	593 512			
Digue Ceint.	8 046.00	27 879.00	295 779			
Total	27 921.75	90 035.00	889 291.00			
Récapitulatif du volume de déblais-remblais des canaux secondaires						
Profil No	Longueur (m)	Volume decapage (m3)	Volume remblais (m3)	Volume cunette (m3)	Volume revêt. (m3)	
CS1.1	910.22	406.97	1 981.62	558.77	243.81	
Total	910.22	406.97	1 981.62	558.77	243.81	

Tableau 52 : Volume de terrassement du drain principal et drains secondaires

Récapitulatif du volume de déblais-remblais des drains principaux				
Profil No	Longueur (m)	Volume decapage (m3)	Volume remblais (m3)	Volume Deblais (m3)
DP	2 593.34	5 561.25	-	11 108.92
Total	2 593.34	5 561.25	-	11 108.92
Récapitulatif du volume de déblais-Remblais des drains secondaires				
Profil No	Longueur (m)	Volume decapage (m3)	Volume remblais (m3)	Volume Deblais (m3)
DS1	815.29	1 189.67	-	2 230.61
DS2	1 612.64	2 694.57	-	9 364.27
DS2.s1D	1 036.69	1 844.81	-	8 790.50
DS3	1 084.06	1 594.38	-	3 131.20
DS4	465.20	680.90	-	1 229.69
Total	5 013.88	8 004.32	-	24 746.26

9.7. Annexe 7 : Avant-métré unitaire & global des ouvrages

Tableau 53 : Avant métré unitaire des ouvrages

AVANT METRE UNITAIRE DES OUVRAGES																			
Ouvrages	Nombre	Béton ordinaire	Déblai pour Fouille	Remblais Compacté	Béton de propreté	Béton pour ouvrage neuf	Acier Fe E40 A pour ferrailage	Filtre Synthétique	Enrochement de protection	PVC φ 200	PVC φ 315	Buse B. A φ 500	Buse B. A φ 800	Buse B. A φ 1000	Vannes métalliques 0,4m x 0,4m	Vannes métalliques 0,70 m x 0,70 m	Vannes métalliques 1,00m x 1,00m	Vannes métalliques 1,2m x 1,2m	Peinture bitumineuse
Franchissement sur digue de protection	1		345	37,5	150	81	7557	315,0	105						0				70
Régulateur bec de canard sur CP	3		12	11	26	14	1330	0,0							1				
Régulateur sur canal tertiaire	12		2	1	1,5	0,6	57	18,0	6						1				
Déversoir de sécurité sur canal principal	2		30	24	15	8	760	45,0	15				12		1				25
Déversoir de sécurité sur canal secondaire	1		25	20	10	5	475	30,0	10			6			1				20
Prise secondaire	1		28	23	22	10	950	0,0	0										
Prise tertiaire	23		15	10	10	4,6	437	18,0	6										
Franchissement canal primaire	3		10	6	10	3,5	332,5	0,0											
Débouché des drains tertiaires	30		0	0	0	0	0	0,0	0	8				0				0	0
Débouché de drain secondaire	5		80	65	21	0	0	75,0	25			12							
Débouché du drain primaire DP sous digue de protection	1		120	92	70	27	2565	135,0	45									2	
Franchissement sur drain principal	2		100	60	25	23	2185	105,0	35										
Franchissement drain secondaire	7		60	40	20	10	950	60,0	20										

Tableau 54 : Avant métré global des ouvrages

AVANT METRE GLOBAL DES OUVRAGES																				
Ouvrages	Nombre	Béton ordinaire (m ³)	Déblai pour Fouille (m ³)	Remblais Compacté (m ³)	Béton de propreté (m ³)	Béton pour ouvrage neuf (m ³)	Acier Fe E40 A pour ferrailage (kg)	Filtre Synthétique (m ²)	Enrochement de protection (m ³)	PVC φ 200 (ml)	PVC φ 315 (ml)	Buse B. A φ 500 (ml)	Buse B. A φ 800 (ml)	Buse B. A φ 1000 (ml)	Vannes métalliques 0,4m x 0,4m	Vannes métalliques 0,70 m x 0,70 m	Vannes métalliques 1,00m x 1,00m	Vannes métalliques 1,2m x 1,2m	Peinture bitumineuse (m ²)	
Franchissement sur digue de protection	1	0	345	37.5	150	81	7557	315.0	105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
Régulateur bec de canard sur CP	3	0	36	33	78	42	3990	0.0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Régulateur sur canal tertiaire	12	0	24	12	18	7.2	684	216	72	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0
Déversoir de sécurité sur canal principal	2	0	60	48	30	16	1520	90.0	30	0	0	0	24	0	2	0	0	0	0	50
Déversoir de sécurité sur canal secondaire	1	0	25	20	10	5	475	30.0	10	0	0	6	0	0	1	0	0	0	0	20
Prise secondaire	1	0	28	23	22	10	950	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prise tertiaire	23	0	345	230	230	105.8	10051	414.0	138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Franchissement canal primaire	3	0	30	18	30	10.5	997.5	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Débouché des drains tertiaires	30	0	0	0	0	0	0	0.0	0	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Débouché de drain secondaire	5	0	400	325	105	0	0	375.0	125	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0
Débouché du drain primaire DP sous digue de protection	1	0	120	92	70	27	2565	135.0	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Franchissement sur drain principal	2	0	200	120	50	46	4370	210.0	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Franchissement drain secondaire	7	0	420	280	140	70	6650	420.0	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		-	2033	1238.5	933	420.5	39809.5	2205.0	735	240	0	66	24	0	18	0	0	2	140	

9.8. Annexe 8 : Détails quantitatif et estimatif des travaux de Koulou

Tableau 55 : Détails quantitatif et estimatif des travaux d'aménagement de Koulou 150 ha

N° de Prix	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (F CFA)	MONTANT (F CFA)
SERIE 1: INSTALLATIONS ET SERVICES					
1.1	Amenée et mise en place des installations générales	F	1	45 000 000	45 000 000
1.1	Repli de chantier	F	1	20 000 000	20 000 000
TOTAL SERIE 1					65 000 000
SERIE 2 : TERRASSEMENT POUR CANAUX PRINCIPAUX CP1 et CP2 (5 152 m)					
2.1	Dessouchage et décapage de l'emprise du canal principal (ep =10 cm)	m ²	33 144	120	3 977 280
2.2	Déblai provenant de la zone d'emprunts (< 1 000 m) pour la confection du canal principal	m ³	9 081	1 700	15 438 244
2.3	Déblai provenant de la zone d'emprunts (> 1 000 m) pour la confection du canal principal	m ³	13 622	2 000	27 243 960
2.4	Remblai compacté à l'OPN pour confection des cavaliers du canal principal	m ³	22 703	1 300	29 514 290
2.5	Déblai pour cunette du canal principal	m ³	8 303	1 500	12 454 500
2.6	Revêtement en béton légèrement armé (40kg/m3) pour le canal principal, dosé à 350 kg/m3 y compris les joints	m ³	2 030	165 000	334 892 250
2.7	Couche de roulement en latérite sur les cavaliers des canaux principaux (ep=10 cm)	m ³	979	6 500	6 362 720
TOTAL SERIE 2					429 883 244
SERIE 3 : DIGUE DE PROTECTION (19 875 m) et Digue de ceinture (8 046 m)					
3.1	Dessouchage et décapage de l'assise de la digue de protection (ep = 20 cm)	m ²	310 780	120	37 293 600
3.2	Déblai provenant de la zone d'emprunts (< 1 000 m) pour la confection de la digue de protection	m ³	237 405	1 700	403 588 160
3.3	Déblai provenant de la zone d'emprunts (> 1 000 m) pour la confection de la digue de protection	m ³	356 107	2 000	712 214 400
3.4	Remblai compacté à 95 % l'OPN pour confection de la digue de protection	m ³	593 512	1 300	771 565 600
3.5	Couche de roulement en latérite sur la crête de la digue de protection (ep=20 cm)	m ³	13 913	6 500	90 431 250
3.6	Dessouchage et décapage de l'assise de la digue de ceinture (ep = 20 cm)	m ²	139 395	120	16 727 400
3.7	Déblai provenant de la zone d'emprunts (< 1 000 m) pour la confection de la digue de ceinture	m ³	118 312	1 700	201 129 720
3.8	Déblai provenant de la zone d'emprunts (> 1 000 m) pour la confection de la digue de ceinture	m ³	177 467	2 000	354 934 800

N° de Prix	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (F CFA)	MONTANT (F CFA)
3.9	Remblai compacté à 95 % l'OPN pour confection de la digue de ceinture	m ³	295 779	1 300	384 512 700
3.10	Couche de roulement en latérite sur la crête de la digue de ceinture (ep=20 cm)	m ³	5 632	6 500	36 609 300
	TOTAL 1 120 HA				3 009 006 930
	TOTAL SERIE 3 (150 HA)				402 992 000
	SERIE 4 : CANAL SECONDAIRE CS1.1 (910m)				
4.1	Dessouchage et décapage de l'emprise des canaux secondaires (ep =20 cm)	m ²	4 080	120	489 600
4.2	Déblai provenant de la zone d'emprunts (< 1 000 m) pour la confection des canaux	m ³	793	1 700	1 347 386
4.3	Déblai provenant de la zone d'emprunts (> 1 000 m) pour la confection des canaux	m ³	1 189	2 000	2 377 740
4.4	Remblai compacté à 95 % de l'OPN pour confection des canaux	m ³	1 981.5	1 300	2 575 885
4.5	Déblai pour cunette des canaux	m ³	558.9	1 500	838 350
4.6	Revêtement en béton légèrement armé (40kg/m3) pour les canaux primaires, dosé à 350 kg/m3 y compris joints	m ³	244.7	165 000	40 367 250
4.7	Couche de roulement en latérite sur les cavaliers des canaux secondaires (ep=10 cm)	m ³	137	6 500	887 250
	TOTAL SERIE 4				48 883 461
	SERIE 5 : DRAIN PRINCIPAL (2 593 m)				
5.1	Dessouchage et décapage de l'emprise des drains (ep =20 cm)	m ²	55 613	120	6 673 524
5.2	Déblai provenant de la cunette des drains primaires	m ³	11 109	1 300	14 441 700
5.3	Déblai provenant de la zone d'emprunts (< 1 000 m) pour la confection des pistes des drains	m ³	5 721	1 700	9 725 632
5.4	Déblai provenant de la zone d'emprunts (>1 000 m) pour la confection des pistes des drains	m ³	8 581	2 000	17 162 880
5.5	Remblai compacté à 95 % de l'OPN pour la confection des pistes latérales	m ³	25 411	1 300	33 034 820
5.6	Couche de roulement en latérite sur les pistes latérales des drains primaires (ep=10 cm)	m ³	PM		
5.7	Déblai provenant de la cuvette des drains mis en dépôt	m ³	PM		
	TOTAL SERIE 5				81 038 556

N° de Prix	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (F CFA)	MONTANT (F CFA)
SERIE 6 : DRAINS SECONDAIRES (5 014m)					
6.1	Dessouchage et décapage de l'emprise des drains (ep =10 cm)	m ²	80 045	120	9 605 376
6.2	Déblai provenant de la cunette des drains	m ³	24 746	1 300	32 169 800
6.3	Déblai provenant de la zone d'emprunts (< 1 000 m) pour la confection des pistes des drains	m ³	1 433	1 700	2 436 508
6.4	Déblai provenant de la zone d'emprunts (>1 000 m) pour la confection des pistes des drains	m ³	2 150	2 000	4 299 720
6.5	Remblai compacté à 95 % de l'OPN pour la confection des pistes latérales	m ³	28 329	1 300	36 827 830
6.6	Couche de roulement en latérite sur les pistes latérales (ep=10 cm)	m ³	PM		
TOTAL SERIE 6					85 339 234
SERIE 7 : PISTE PRINCIPALE LE LONG DES CANAUX PRINCIPAUX (5 417 m)					
7.1	Dessouchage et décapage de l'emprise de la piste (ep =10 cm)	m ²	43 336	120	5 200 320
7.2	Déblai provenant de la zone d'emprunts (< 1 000 m) pour la confection de la piste	m ³	6 067	1 700	10 313 968
7.3	Déblai provenant de la zone d'emprunts (> 1 000 m) pour la confection de la piste	m ³	9 101	2 000	18 201 120
7.4	Remblai compacté à 95 % de l'OPN pour confection de la piste	m ³	15 168	1 300	19 717 880
7.5	Couche de roulement en latérite sur la crête de la piste principale (ep=10 cm)	m ³	3 521	6 500	22 886 825
7.6	Exécution du fossé de la piste principale	ml	5 417	600	3 250 200
TOTAL SERIE 7					79 570 313
SERIE 8 : PISTES SECONDAIRES (7 829m)					
8.1	Dessouchage et décapage de l'emprise de la piste (ep =10 cm)	m ²	46 974	120	5 636 880
8.2	Déblai provenant de la cunette des drains tertiaires	m ³	3 132	1 300	4 071 080
8.3	Déblai provenant de la zone d'emprunts (< 1 000 m) pour la confection de la piste	m ³	4 697	1 700	7 985 580
8.4	Déblai provenant de la zone d'emprunts (> 1 000 m) pour la confection de la piste	m ³	7 829	2 000	15 658 000
8.5	Remblai compacté à 95 % de l'OPN pour confection de la piste	m ³	15 658	1 300	20 355 400
8.6	Couche de roulement en latérite sur la crête de la piste principale (ep=10 cm)	m ³	3 366	6 500	21 882 055
8.7	Exécution des drains de pistes (drains tertiaires)	ml	15 200	600	9 120 000

N° de Prix	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (F CFA)	MONTANT (F CFA)
	TOTAL SERIE 8				84 708 995
	SERIE 9 : RESEAUX TERTIAIRES ET PLANAGE				
	-				
9.1	Préparation des sols (dessouchage, débroussaillage et décapage)	ha	120.0	100 000	12 000 000
9.2	Planage des sols type 1	ha	105.0	150 000	15 750 000
9.3	Travaux préparatoires au planage levé topo et calcul de planage	ha	45.0	50 000	2 250 000
9.4	Planage type2 mouvement des terres de 250,01 à 400m3/ha	m3	4 500.0	1 115	5 017 500
9.5	Planage type2 mouvement des terres supérieur à 400m3/ha	m3	18 000.0	1 200	21 600 000
				Sous total planage	56 617 500
9.6	Exécution des canaux tertiaires (5 779 ml)				
9.6.1	Dessouchage et décapage de l'emprise des arroseurs (ép. =10 cm)	m ²	17 126.40	120	2 055 168
9.6.2	Déblai provenant de la zone d'emprunts (< 1 000 m) pour la confection des canaux	m ³	4 281.60	1 700	7 278 720
9.6.3	Déblai provenant de la zone d'emprunts (> 1 000 m) pour la confection des canaux	m ³	6 422.40	2 000	12 844 800
9.6.4	Remblai compacté à l'OPN pour confection des canaux en terre (3568 m)	m ³	10 704.00	1 300	13 915 200
9.6.5	Déblai pour cunette des canaux	m ³	1 427.20	1 500	2 140 800
9.6.6	Revêtement des canaux tertiaires de longueur supérieure à 300 m	ml	2 211.00	35 250	77 937 750
				Sous total canaux tertiaires	116 172 438
	TOTAL SERIE 9				172 789 938
	SERIE 10 : OUVRAGES				
10.1	Terrassement pour ouvrages				
10.1.1	Déblais pour fouille d'ouvrage	m3	2 033	1 500	3 049 500
10.1.2	déblais en zone de dépôt	m3	794	1 800	1 429 200
10.1.3	Remblai compacté à l'OPN	m3	1 239	3 000	3 717 000
10.2	Béton et aciers				
10.2.1	Béton de propreté (ep 10 cm)	m2	933	7 000	6 531 000
10.2.2	Béton dosé à 350 kg/m3 pour ouvrage neuf	m3	421.00	112 000	47 152 000

N° de Prix	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (F CFA)	MONTANT (F CFA)
10.2.3	Béton pour scellement des équipements hydromécaniques	m3	3.5	145 000	507 500
10.2.4	Béton ordinaire dosé à 300 kg/m ³	m3	-	100 000	-
10.2.5	Acier haute adhérence Fe E40 A pour ferrailage	kg	39 810.0	800	31 848 000
10.3 Tuyaux PVC					
10.3.1	Tuyau PVC diamètre 200 mm	ml	240	14 000	3 360 000
10.3.2	Tuyau PVC diamètre 315 mm	ml	-	36 500	-
10.4 Tuyaux en béton					
10.4.1	Tuyau en béton diamètre 300 mm ou dalot équivalent	ml	PM		
10.4.2	Tuyau en béton diamètre 500 mm ou dalot équivalent	ml	66	53 000	3 498 000
10.4.3	Tuyau en béton diamètre 800 mm ou dalot équivalent	ml	24	105 000	2 520 000
10.4.4	Tuyau en béton diamètre 1000 mm ou dalot équivalent	ml	-	155 000	-
10.5 Vanne de glissement					
10.5.1	Vannes glissement 1.2 m x 1.2 m pour débouché DP	U	1	2 550 000	2 550 000
10.5.2	Vannes glissement 0.7 m x 0.7 m	U	-	1 450 000	-
10.5.3	Vannettes de 0,4m x 0,40m	U	18	180 000	3 240 000
10.6 Modules à masques					
10.6.1	Modules type X2 15	U	9	250 000	2 250 000
10.6.1	Modules type X2 20	U	3	300 000	900 000
10.6.1	Modules type X2 25	U	3	350 000	1 050 000
10.6.1	Modules type X2 30	U	7	400 000	2 800 000
10.6.1	Modules type X2 40	U	2	500 000	1 000 000
10.7	Autres fournitures métalliques: profilés, tôles, gardes-corps, échelles	kg	2 000	800	1 600 000
10.8	Filtre synthétique	m2	2 205	1 900	4 189 500
10.9	Enrochement de protection	m3	735	16 000	11 760 000.00
10.10	Prises rigoles avec 3 ml de PVC 200	U	320	85 000	27 200 000
10.11	Peinture bitumineuse	m ²	140	1 700	238 000
10.12	Echelles limnimétriques	ml	12	200 000	2 400 000
TOTAL SERIE 10					164 789 700

N° de Prix	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (F CFA)	MONTANT (F CFA)
	SERIE 11: STATION DE POMPAGE				
11.1	- CHENAL D'AMENEE (230 ml)				
11.1.1	Décapage	m ²	3 220.00	120	386 400
11.1.2	Déblai provenant de la cunette du chenal	m ³	5 520	1 500	8 280 000
11.1.3	Mis en dépôt des déblais non réutilisable	m ³	4 416.00	3 000	13 248 000
	TOTAL Chenal d'amenée				21 914 400
11.2	Alimentation électrique de la station de pompage de Koulou				
11.2.1	Fourniture et pose des travaux de la ligne électrique aérienne moyenne tension Tanda-Koulou y compris les poteaux IPN ou béton, les câbles, les armements, chaînes, IACM, accessoires et toutes suggestions	km	65	15 000 000	975 000 000
	TOTAL alimentation électrique des cuvettes de Ouna-Kounza- Koulou (4 475 ha)				975 000 000
	TOTAL Station Koulou (150 HA)				32 681 564.25
11.3	Electropompes et équipements				
11.3.1	Fourniture et pose de groupes électropompes submersibles, débit 150l/s, HMT = 5,85 m et accessoires et toutes sujétions	u	3.00	22 500 000	67 500 000
11.3.2	Fourniture et pose d'armoire électrique de commande des 3 pompes y compris accessoires et toutes sujétions	u	3.00	6 800 000	20 400 000
11.3.3	Fourniture et pose de grille à barreaux, de batardeaux et toutes suggestions	u	1	5 100 000	5 100 000
11.3.4	Fourniture et pose d'un palan mécanique avec chaîne de levage et chaîne de commande de d'1,5 tonne	u	1.00	4 500 000	4 500 000
11.3.5	Fournitures des pièces de rechange d'électropompes de 6000 et 12 000 Heures agréées par le constructeur	lot	1.00	5 800 000	5 800 000
11.3.6	Fourniture de pièces de rechange pour armoire générale de 6 000 et 12 000 heures agréées par le fabricant	lot	1.00	2 400 000	2 400 000
	TOTAL Electropompes et équipements				105 700 000
11.4	Travaux de Génie Civil				
11.4.1	Fouilles	m ³	2 380.00	1 500	3 570 000
11.4.2	Remblai compacté à l'OPN	m ³	793.00	3 000	2 379 000
11.4.3	Remblai latéritique à 95 % l'OPM	m ³	33.60	8 500	285 600

N° de Prix	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE (F CFA)	MONTANT (F CFA)
11.4.4	Béton de propreté (ep 10 cm)	m2	140	7 000	980 000
11.4.5	Béton dosé à 350 kg/m3 pour ouvrage neuf	m3	302.00	112 000	33 824 000
11.4.6	Acier haute adhérence Fe E40 A pour ferrailage	kg	22 187.0	800	17 749 600
11.4.7	Vannes de 130 X 180	U	3.00	5 700 000	17 100 000
11.4.8	vannes de 100 X 80	U	3.00	2 200 000	6 600 000
11.4.9	Vannes 100 cm x 100 cm	U	3.00	2 550 000	7 650 000
11.4.10	Batardeaux	U	4.00	350 000	1 400 000
11.4.11	Tôle striée au dessus des caissons de la grille aux vannes	m ²	14.00	75 000	1 050 000
11.4.12	Local technique	m ²	27.52	90 000	2 476 800
	- TOTAL Génie Civil				95 065 000
	- TOTAL Série 11 : Station de pompage				255 360 964
	TOTAL GENERAL				1 870 356 405
	COUT/HA AVEC STATION DE POMPAGE				12 469 043