Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering

Design du périmètre irrigué et Stratégie de Management Local de l Irrigation en amont du barrage de PENSA

Mémoire de Fin d'Etude pour l'Obtention de Master Spécialisé en HYDRAULIQUE et SYSTEME IRRIGUE

Présenté et soutenu publiquement le 29 Septembre 2010 par

Ardiouma HEMA

Travaux dirigés par : Bassirou BOUBE

Enseignant au 2iE

Jury d'évaluation du stage :

Président : Béga OUEDRAOGO

Membres et correcteurs : Sewa DASILVEIRA

Niang DIOP

Promotion 2009-2010

DEDICACE

A ma Mère,

A mon Père et ma Grand-mère qui ne sont plus,

A ma famille adoptive,

Aux Vrais Parents du Ciel et de la Terre,

A toute ma Famille Spirituelle et Physique

Remerciements

Je vous remercie, Monsieurs Adama Roger WANDAOGO Directeur Général du Bureau d'Etudes et de Recherches Appliquées (BERA) et Adama OUEDRAOGO, Directeur de l'Agence Conseils pour l'Equipement l'Eau et l'Environnement (AC3E), pour m'avoir accepté dans votre structure respective, pour votre disponibilité et votre contribution à ce travail.

Je vous remercie, Monsieur Amadou KEITA, Enseignant chercheur au 2iE, Responsable du Master Spécialisé en HYDRAULIQUE et SYSTEME IRRIGUE, pour votre apport inestimable dans ce travail et pour votre participation à ce jury.

Je vous remercie, Monsieur Bassirou BOUBE, Enseignant chercheur au 2iE, Directeur de Mémoire, pour votre disponibilité, votre collaboration, votre apport inestimable dans ce travail et pour votre participation à ce jury.

Je vous remercie, Monsieur Issaka CONGO, Chef de Projet à AC3E et Maitre de stage pour les dites travaux, pour votre disponibilité, votre contribution et votre soutien à ce travail.

Je vous remercie, Monsieur Hommère OUEDRAOGO, Responsable du Département Hydraulique Agricole à BERA, pour votre disponibilité, vos conseils, votre soutien et votre collaboration à ces travaux.

Je témoigne ma reconnaissance à tous les agents de BERA et de AC3E pour leur collaboration et leur disponibilité.

Je remercie tous mes Camarades étudiants en Master Spécialisé au 2iE .

TABLE DES MATIERES

Sigles et Abréviations **6**
Liste des Tableaux **7**
1. Introduction **9**
1.1. Contexte et justification de l'étude 9
1.2. Synthèse des données de base sur le site d'aménagement hydro agricole de PENSA 10
1.2.1. Topographie du site aménageable de PENSA 12
1.2.2. Données climatologiques du site 13
1.2.3. Typologie et contraintes pédologiques des sols des rives en amont 15
1.2.4. Socio-économique du site aménageable de PENSA 17
1.2.5. Caractéristiques du barrage de PENSA 20
2. Objectifs et résultats attendus de l'étude **21**
2.1. Objectif global 21
2.2. Objectifs spécifiques 21
2.3. Résultats attendus 22
3. Méthodologie **22**
3.1. L'analyse documentaire 22
3.2. L'utilisation de formule et de logiciel 23
3.3. Les entretiens 23
3.4. Les échanges avec les services techniques décentralisés, les programmes/projets et ONGs 23
4. Résultats de l'étude **23**
4.1. Calcul des paramètres de l'irrigation 23
4.1.1. Besoins en eau des cultures 23
4.1.2. Estimation de la durée journalière et mensuelle de l'irrigation 26
4.1.3. Calcul de débits 26
4.1.4. Calcul des doses de l'irrigation ou de l'arrosage 29
4.2. Choix du mode d'irrigation 34
4.2.1. L'irrigation de surface ou gravitaire 34
4.2.2. L'irrigation semi-californienne 34
4.3. Design du réseau d'irrigation 35
4.3.1. Design du profil en long des canaux et des canalisations 35
4.3.2. Design du profil à travers des canaux 36
4.4. Design du réseau de drainage 40
4.4.1. Design du profil en long des drains 40
4.4.2. Design du profil à travers des drains 41
4.5. Ouvrages annexes du réseau 42
4.5.1. Les chutes et les partiteurs à seuil 42
4.5.2. Les basins de tranquillisation et bassins de réception 44
4.5.3. Les ouvrages de régulation (vannes, pertuis) 44
4.5.4. Les ouvrages de franchissement (siphons inversés) 45

4.5.5. Les robinets et les clapets 46
4.6. Design de la station de pompage 46
4.6.1. Calcul des besoins journalier de point (Bjp) 47
4.6.2. Débit mobilisé par jour par la pompe ou débit de pompage 47
4.6.3. Diamètre interne des canalisations de refoulement 47
4.6.4. Vitesse à l'aspiration et au refoulement 48
4.6.5. Hauteur verticale à l'aspiration et au refoulement 48
4.6.6. Pertes de charges totales à l'aspiration et au refoulement 49
4.6.7. NPSH disponible 51
4.6.8. Hauteur manométrique totale HMT 51
4.6.9. Rendement souhaité de la pompe 52
4.6.10. Puissance absorbée (Pa) de la pompe 52
4.6.11. Choix de la motopompe 52
5. Discussions et analyses 53
5.1. Historique de l'irrigation en Afrique de l'Ouest 53
5.2. Historique de l'irrigation au Burkina Faso 54
5.3. Analyse des aspects technique du périmètre 55
5.3.1. Besoins en eau 55
5.3.2. Choix du mode d'irrigation et de distribution 55
5.3.3. Le système de pompage 57
5.4. Management local du périmètre irrigué de PENSA 58
5.4.1. Gestion, maintenance et entretien des infrastructures hydrauliques et de pompage 58
5.4.2. Les activités de renforcement des capacités locales 64
5.4.2.1. Organisations des producteurs 64
5.4.2.2. Les formations 66
5.5. Aspects de durabilité de l'aménagement hydro-agricole de PENSA 67
5.5.1. Stratégie de mise en valeur de l'exploitation du périmètre 67
5.5.2. Processus de suivi-évaluation du périmètre 70
6. Conclusion 71
7. Bibliographie 72
8. ANNEXES 73

Sigles et Abréviations

APD	Avant Projet Détaillé
BB	Besoins Bruts en eau
BN	Besoins Net en eau
BT	Blocs Tertiaires
CI	Comité des Irrigants
CP	Coopératives des Producteurs
CRN	Cote Retenue Normale
CSGPI	Comité de Suivi et de Gestion du Périmètre Irrigué
CVD	Comité Villageois de Développement
DFC	Débit Fictif Continue
DMP	Débit Maximum de Point
DN	Diamètre Nominal
ETM	Evapotranspiration Maximum
ETP	Evapotranspiration Potentiel
FAO	Organisation des nations unies pour l'agriculture et l'alimentation
HMT	Hauteur Manométrique Totale
ICI	Initiatives Conseil International
MARP	Méthode Active de Recherche Participative
NSPH	Net Positive Suction Head
OMVS	Organisation pour la Mise en Valeur de la vallée du Sénégal
ONAHA	Office national des aménagements hydro-agricoles
ONG	Organisation Non Gouvernementale
PHE	Point des hautes eaux
PPIV	Projet de Petite Irrigation Villageoise
PVEN	Projet de Valorisation de l'Eau dans le Nord
RU	Reserve Utile

Liste des Tableaux

Tableau N°1 : Synthèse des données topographiques 12
Tableau N°2 : Moyenne mensuelle pluviométrique du site 14
Tableau N°3 : Moyenne mensuelle de l'évaporation BAC A du site 15
Tableau N°4 : Besoins en eau des cultures 24
Tableau N°5 : Débit fictif continue des différentes cultures 27
Tableau N°6 : Débit de point des différentes cultures 28
Tableau N°7 : Débit maximum de point des différentes cultures 28
Tableau N°8 : Dose réelle des différentes cultures 29
Tableau N°9 : Rotation des aménagements du site 31
Tableau N°10 : Débit réseau par bloc 33
Tableau N°11 : Débit réseau pratique par bloc 33
Tableau N°12 : Effectif des blocs tertiaires (BT) et des parcelles par bloc 35
Tableau N°13 : Répartition des canaux en fonction des blocs 36
Tableau N°14 : Synthèse des paramètres du design du canal primaire 37
Tableau N°15 : Dimensionnement des canalisations primaires 38
Tableau N°16 : Synthèse des paramètres du design du canal secondaire 38
Tableau N°17 : Dimensionnement des canalisations secondaires 38
Tableau N°18 : Synthèse des paramètres du design du canal tertiaire 38
Tableau N°19 : Dimensionnement des canalisations tertiaires 38
Tableau N°20 : Répartition des canaux en fonction des blocs 39
Tableau N°21 : Synthèse des paramètres du design du drain primaire 41
Tableau N°22 : Synthèse des paramètres du design du drain secondaire 42
Tableau N°23 : Synthèse des paramètres du design du drain tertiaire 42
Tableau N°24 : Nombre de chûtes au niveau des canaux secondaires par bloc 43
Tableau N°25 : Paramètres des partiteurs à seuil des canaux principaux 44
Tableau N°26 : Dimension des pertuis de surface sur les berges des canaux principaux 45
Tableau N°27 : Dimension des pertuis de surface sur les berges des canaux secondaires 45
Tableau N°28 : Dimension des pertuis de surface sur les berges des canaux tertiaires 45
Tableau N°29 : Dimension des tubes des pertuis de surface 45
Tableau N°30 : Design des siphons inversés au niveau du canal principal 46
Tableau N°31 : Besoins journalier de point 47

Tableau N°32 : Débit de pompage par bloc 47
Tableau N°33 : Diamètre de la conduite de refoulement par bloc 48
Tableau N°34 : Vitesse recommandée à l'aspiration et au refoulement par bloc..... 48
Tableau N°35 : Hauteur verticale ou géométrique à l'aspiration et au refoulement par bloc 48
Tableau N°36 : Nombre de Reynolds à l'aspiration et au refoulement par bloc..... 48
Tableau N°37 : Pertes de charges des singularités à l'aspiration et au refoulement 49
Tableau N°38 : Pertes de charges linéaires à l'aspiration et au refoulement 49
Tableau N°39 : Pertes de charges linéaires à l'aspiration et au refoulement 49
Tableau N°40 : NPSHd disponible par bloc..... 51
Tableau N°41 : HMT par bloc..... 52
Tableau N°42 : Puissance absorbée par la pompe pour chaque par bloc 52
Tableau N°43 : Synthèse des formations..... 67
Tableau N°44 : Synthèse des indicateurs de suivi..... 69

1. Introduction

1.1. Contexte et justification de l'étude

Dans les pays du Sahel, les aménagements hydro-agricoles ont longtemps été gérés par les Sociétés Régionales de Développement Rural ou les Offices chargés du développement de l'irrigation (P..DELVILLE et al, 1997). La tendance actuelle est à la responsabilisation des producteurs à la gestion de ces périmètres irrigués.

Ce processus où les organisations paysannes bénéficiaires sont responsables des périmètres nécessite de nombreuses adaptations, de la part des organisations paysannes comme des structures d'intervention et où un accompagnement adapté se doit à chaque situation concrète.

Les périmètres qui ont expérimenté ce type de gestion permettent de tirer des enseignements qui peuvent permettre de poser dès le départ de bonnes bases pour des aménagements en cours de création sur le territoire nationale burkinabé avec l'appui des projets et programme de développement durable.

S'il n'y a pas de « recette » pour transférer les responsabilités, du moins on peut identifier des conditions à la gestion des aménagements par les organisations paysannes.

La question des rapports entre État et paysans dans les aménagements hydro-agricoles, et celle du management local de l'irrigation, a fait l'objet de nombreuses réflexions qu'il paraît utile d'intégrer dans les débats sur le devenir des filières irriguées en Afrique et en particulier au Burkina Faso.

À la lumière de cela, quelques éléments apparaissent aujourd'hui importants :

- **Le transfert de responsabilités** est un processus qui met en jeu un changement profond des rapports entre État et producteurs, et a des dimensions juridiques et institutionnelles fortes.
- le **transfert de pouvoir et de moyens** pour assumer ces responsabilités. La question du financement des organisations est donc cruciale.
- le **désengagement de l'État n'est pas synonyme d'abandon des responsabilités**. Tant pour assurer des fonctions de service public (recherche, conseil technique, financement de l'appui aux producteurs) que pour garantir d'un point de vue juridique les règles du jeu, l'État est et reste un partenaire indispensable des filières irriguées.
- **l'Autogestion des périmètres irrigués** ne signifie donc pas que les organisations de producteurs doivent être capables de tout faire par elles-mêmes, mais qu'elles doivent être capables d'assumer un certain nombre de fonctions, tant en interne (gestion de

l'eau, des cotisations et redevances, gestion foncière), qu'en externe (rapports avec les sociétés d'encadrement, les commerçants, les structures de crédit). Elles doivent trouver (ou conquérir) leur place dans un environnement institutionnel complexe et diversifié, établir des façons de gérer leurs relations tant avec leurs membres qu'avec les institutions externes et les services de l'État.

Une telle **prise** en charge demande un certain nombre de conditions : **clarification institutionnelle des tâches et des fonctions**, problèmes juridiques (statuts, contractualisation avec les partenaires externes), compétences en gestion/organisation. Mais aussi un environnement économique porteur, pour que les organisations puissent faire face aux coûts d'une structure efficace.

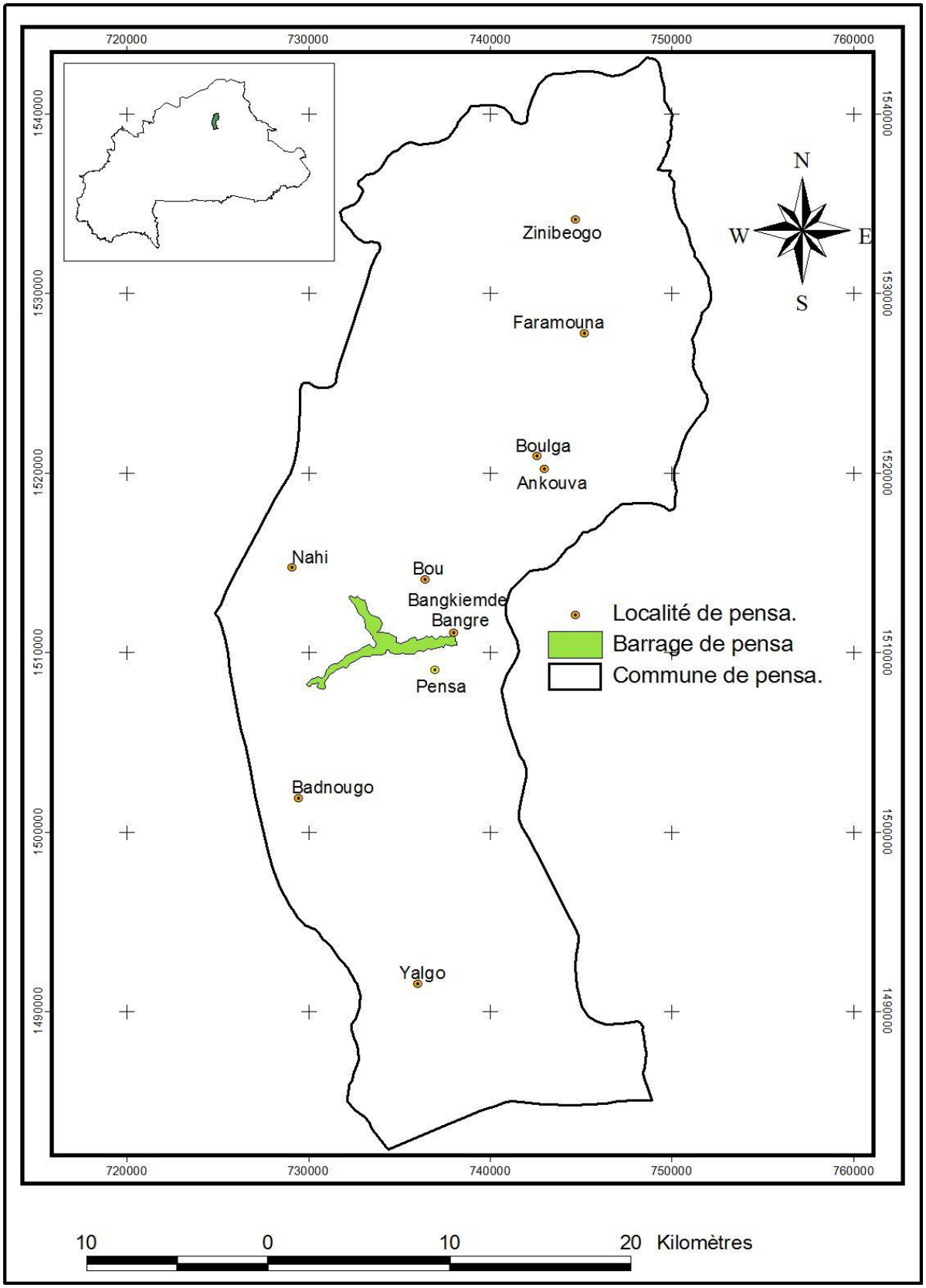
Comme toute or**g**anisation, la gestion des périmètres irrigués pose des problèmes d'action collective, de règles du jeu concernant l'interdépendance entre des acteurs poursuivant des intérêts divergents, de compétition pour le pouvoir, etc. La **définition des règles d'action collective** (règlement intérieur, mode de désignation des responsables, mode de recouvrement des redevances, sanctions), est particulièrement importante, et doit faire l'objet d'un consensus social. Pour pouvoir prendre leurs décisions (techniques, économiques), les responsables ont **besoin d'outils de gestion, d'indicateurs de performances** qui puissent servir d'outils de management. L'autogestion des organisations paysannes demande enfin qu'elles aient **accès aux appuis nécessaires (gestion/comptabilité; organisation**) et puissent le cas échéant employer et contrôler du personnel technique.

La présente étude s'inscrit dans ce cadre, afin de faire des propositions concrète pour un management local de l'irrigation de l'aménagement hydro-agricole de PENSA. Comme le disait un Ingénieur marocain qu'il faut penser déjà à la gestion durable c'est aux questions de maintenance et d'entretien des ouvrages ou infrastructures hydrauliques dès la conception.

1.2. Synthèse des données de base sur le site d'aménagement hydro agricole de PENSA

Le projet d'aménagement du périmètre irrigué de PENSA, site situé à 80 kilomètres de la ville de Kaya chef lieu de la province du Samentenga (voir carte) , est une action du Projet de Valorisation de l'Eau dans le Nord qui a intervenu dans la construction des barrages de Andékanda dans la province du Loroum au niveau de la région du Nord, de Pensa dans la province du Samentenga pour la région du Centre-Nord et de Liptougou dans la province du Gnagna au niveau de la région de l'Est dans sa première phase.

Carte de localisation du barrage de Pensa



Il faut signaler que des études préliminaires ont été fait sur le projet dans les années 2005 qui ont abouti à un avant projet détaillé (APD), qui aujourd'hui fait l'objet d'une actualisation en tenant compte des perturbations ou des dommages comme la dégradation des talus de la digue qu'ont subi la retenue d'eau ces dernières années avec les fortes pluies des trois dernières années.

Les données ci-dessous synthétisées résultent de ces études.

1.2.1. Topographie du site aménageable de PENSA

Les données du fond de plan topographique des aires aménageables en amont du barrage et de la retenue sont regroupées en trois points :

- **la retenue d'eau** qui comporte la cote du fond de la cuvette, en passant par celle (côte) du plan d'eau normale et de la côte des points des hautes eaux ;
- **la rive gauche** (subdivision issue des travaux de l'APD des surfaces à aménagées) où ce sont les côtes minimale et maximale de la zone délimitée. Il faut signaler que dans cette rive les aires ont été divisées en deux blocs aménageables de superficies et de formes géométriques différentes. Selon la délimitation préliminaire de ces blocs, les formes suivantes se dessinent : le premier est sous forme de parallélogramme avec une inclinaison vers la gauche en vue de face par rapport à la cuvette de la retenue, et le second en V dont la pointe est dirigée vers la cuvette.
- **La rive droite** où ce sont les mêmes données que l'autre rive sont relevées. Deux blocs se distinguent aussi à ce niveau : un en forme de trapèze quelconque et l'autre de géométrie un peu compliquée.

Le tableau ci-après fait la synthèse de ces données.

Tableau N°1 : Synthèse des données topographiques

Désignation		Côte fond de la cuvette	Côte plan d'eau normale	Côte de plan des hautes eaux
Retenue d'eau		95, 61	99,50	100, 50
Pente des rives gauche et droite varie entre 1% et 2%				
			Côte minimale	**Côte maximale**
Rive gauche	1er Bloc (forme parallélogramme)		100, 12	102, 08
	2ème Bloc (forme V)		100, 10	104, 00
Rive droite	Bloc (forme trapézoïdale quelconque)		100, 00	101, 50
	Bloc (forme complexe)		100, 00	102, 00

Source : Fond plan topographique AC3E 2009

Au regard des informations que fournies ce fond de plan topographique, pour la réalisation des aménagements hydro-agricoles en amont du barrage de Pensa, un pompage est obligatoire, car les côtes des aires à aménager sont supérieure à celles du plan d'eau normale. De ce fait, il n'est pas possible que l'eau puisse couler par gravité pour arroser les périmètres qui seront aménagés.

En fait, pour arroser sans difficultés les différents blocs des deux rives on doit apporter l'eau de sorte à dominer le point le plus élevé de chacun des blocs, ce qui ne peut se fait que par pompage d'eau à la source (cuvette de la retenue). Mais au niveau du bloc en forme de V de la rive gauche, il sera judicieux de procéder à une excavation des points situés aux cotes supérieures à 102,00 car le fond topographique laisse apparaitre une circonscription de ceux sous forme d'une petite colline. La perte étant faible, nous avant affaire un terrain plat dans son ensemble au niveau des deux rives.

D'autre part il ressort que le plan d'eau normale est à la côte 99, 50, mais la lame d'eau de la retenue à cette côte est très infime selon une observation avec *Google Earth.* Cela attire notre attention sur l'emplacement de la station de pompage et plus précisément sur celle de la prise d'eau où la rétine aspirante de la pompe sera placée au niveau du plan d'eau.

La superficie brute des blocs de la rive gauche est estimée à 58 hectares et de 86,50 hectares pour la rive droite, soit un total d'environ 144,50 hectares à aménager.

1.2.2. Données climatologiques du site

Deux aspects capitaux sont traités dans cette partie, il s'agit de l'évolution de la pluviométrie mensuelle de 1961 à 2009 et de celle de l'évaporation de la même période. Il faut signaler que pour des questions de disponibilité de données météorologiques, nous avons travaillé avec celle de station proche de la commune.

@ Moyenne de la pluviométrie mensuelle de 1961 à 2009

La synthèse de ces données est représentée dans le tableau ci-après.

Tableau N°2 : Moyenne mensuelle pluviométrique du site

Mois	Moyenne pluviométrique de 1961 à 2009
Janvier	0,0
Février	0,2
Mars	1,6
Avril	7,0
Mai	32,8
Juin	77,6
Juillet	150,5
Aout	186,0
Septembre	92,6
Octobre	18,7
Novembre	1,0
Décembre	0,3
Total	**568,3**

Source : Station météorologique de Bassalgo

Il ressort de l'analyse de ce tableau que l'année 1961 est celle qui a reçu le plus fort cumul d'eau de pluie soit 874,20mm sur les 48 années écoulées. Quand à la moyenne du cumul annuel de cette période (1961-2009), elle est de 568,30mm, ce qui dénote de la faiblesse des pluies dans la zone du projet.

Le mois d'aout est le plus arrosé en termes d'hauteur d'eau recueillie qui est de l'ordre de 186mm sur les 48 ans, suivi du mois de juillet avec 150,50mm et de septembre 92,6mm.

On constate de novembre à avril qui constituent les mois de contre saison la hauteur d'eau moyenne n'atteint guerre les 10 mm ce qui synonyme de précarité pluviométrique dans la zone de Pensa.

@ Moyenne de l'évaporation BAC A mensuelle de 1961 à 2009

La synthèse de ces données est représentée dans le tableau suivant.

Tableau N°3 : Moyenne mensuelle de l'évaporation BAC A du site

Mois	Moyenne de l'évaporation de 1961 à 2009
Janvier	226,259
Février	249,05
Mars	321,22
Avril	329,05
Mai	331,633
Juin	281,47
Juillet	228,687
Aout	187,31
Septembre	192,646
Octobre	241,17
Novembre	234,551
Décembre	219,35
Total	**3017,68**

Source : Station météorologique de Dori

Il ressort de l'analyse du tableau que les mois de mars, avril et mai ont l'évaporation la plus élevée dépassant les 320 mm en moyenne sur les 48 ans. Les mois d'aout et de septembre enregistre la plus basse évaporation d'environ 190 mm sur la même période.

1.2.3. Typologie et contraintes pédologiques des sols des rives en amont

Selon le rapport d'étude pédologique de l'APD de 2005 trois groupes de sols sont présents au niveau des rives amont du barrage de Pensa : les sols brunifiés, les sols à sesquioxydes de fer et de magnésium ou sols tropicaux, et les sols hydromorphes.

1.2.3.1.Sols brunifiés

Les caractéristiques morphologiques et les contraintes pédologiques sont les deux aspects sur lesquels nous allons focaliser nos analyses.

© *Caractéristiques morphologiques des sols brunifiés*

Ce sont des sols profonds, avec une profondeur pouvant dépasser les 120 centimètres. Ils ont une couleur qui varie du brun jaunâtre à la surface à la brune en profondeur.

La structure dominante est polyédrique subangulaire avec des agrégats grossiers et moyens. Quant à la texture, elle est limono-argileuse à sablo-argileuse en surface et argileuse en profondeur.

© *Contraintes pédologiques des sols brunifiés*

On note de petite contrainte sur le plan chimique avec de faible teneur en Phosphore qu'il faudra relever en cas d'exploitation.

1.2.3.2.Sols tropicaux

De même que les précédents ce sont les caractéristiques morphologiques et les contraintes pédologiques sur lesquels nous allons focaliser nos analyses

© *Caractéristiques morphologiques des sols tropicaux*

Leur profondeur dépassent les 100 centimètres et sont pourvus d'argile souvent dès le premier horizon du profil. La couleur dominante de ces sols est le jaune à différentes intensités.

La structure des sols tropicaux du site varie du polyédrique subangulaire à massive.

La texture quant à elle est sablo-argileux à argilo-sableux et parfois sableuse.

C'est un sol qui présente une bonne porosité dans les premiers horizons avec une activité biologique moyennement à faiblement développée. En profondeur on note une hydromorphie avec des concrétions ferro-manganifères et des taches rouilles ocres à brun-grisâtres.

© *Contraintes pédologiques des sols tropicaux*

La limitation du drainage interne en profondeur est une contrainte non négligeable pour ces sols. Aussi la perméabilité est souvent variable.

Pour les autres aspects comme les caractéristiques chimiques, c'est la teneur en potassium, en azote et en phosphore qu'il faudra renforcer en cas d'exploitation.

Ce qui peut se faire soit par amendements organiques (fumure organique) ou chimique (engrais chimiques). Pour de tel cas le premier type d'amendement est plus conseillé pour une question de durabilité des effets et de restauration de la fertilité de ces sols appauvris.

1.2.3.3.Sols hydromorphes

Les caractéristiques morphologiques et les contraintes pédologiques sont les points qui sont traités ou analyses

© *Caractéristiques morphologiques des sols hydromorphes*

La profondeur de ces sols dépasse les 120 centimètres. Ils ont une couleur brun-jaunâtre à brun grisâtre en surface et brun-jaunâtre foncé à brun à l'état humide en profondeur.

La structure est polyédrique faiblement à moyennement développée dans les premiers et second horizons et massive à faiblement développée en profondeur. Ces sols ont une texture limono-argileuse ou argilo-sableuse pour les horizons de surface et argileuse pour les horizons en profondeur. La porosité est satisfaisante en surface mais diminue considérablement en profondeur.

Quant à l'activité biologique, elle est bien développée au niveau des horizons de surface à cause de la présence de racines de graminées vivaces et annuelles, et devient absent en profondeur du fait de la rareté de ces racines.

© *Contraintes pédologiques des sols hydromorphes*

On note une hydromorphie dès la surface de ces sols et progressivement en profondeur. Les inondations prolongées en saison des pluies et le labour difficile après dessiccation ou humectation sont entre autres des contraintes que présentent ces sols.

Leur pauvreté en base échangeables et en phosphore est celles noté sur le plan chimique.

1.2.3.4.Aptitudes des sols des deux rives en amont

Il faut signaler que deux types de cultures sont retenus au niveau de ces rives en amont : la culture pluviale et la culture irriguée.

Pour la culture irriguée c'est-à-dire le maraichage en contre saison l'ensemble de ces trois sols sont très aptes à moyennement aptes pour le maraichage comme la culture de tomate, d'oignon, et du chou.

Ces sols sont très aptes à moyennement aptes pour la culturale pluviale de riz.

1.2.4. Socio-économique du site aménageable de PENSA

Les activités de production menées par les producteurs du village de Pensa et environnant de même que la gestion du foncier constituent les aspects qui sont synthèses dans ce point.

1.2.4.1.Activités menées par les producteurs du site

L'agriculture et l'élevage constituent les principales activités de production dans cette localité. D'autres activités comme la pêche traditionnelle, l'apiculture, le petit commerce et les activités génératrices de revenus des femmes sont menées aux côtés des deux principales.

❖ **La production agricole**

La production agricole occupe la quasitotalité du temps des producteurs surtout en saison hivernale et une part en saison sèche (cas du maraichage).

On note la présence de deux systèmes de production : le système extensif et le système semi-extensif. Le premier (extensif) c'est le système de production le plus répandu dans la zone d'intervention du projet. Il se caractérise par l'exploitation de superficie avec un système d'extension non contrôlé.

En fait, les exploitants défrichent de nouveaux champs lorsqu'ils constatent que la production est en train de baisser à travers les rendements qui diminuent d'une année à une autre. L'autre semi-extensif commence à s'installer dans la zone surtout au niveau des sols un peu fertiles (cas des sols des versants) où les producteurs tentent d'utilisés les nouvelles techniques de productions qui les amènent à utiliser les amendements organiques tel que la fumure organique qui favorise la régénération des sols et permet une exploitation continue, ce qui permet de sédentariser un temps soit peu les producteurs et de limiter l'extension abusive.

Trois types de cultures peuvent être distingués au niveau de la zone d'étude :

- les cultures vivrières : sorgho blanc, sorgho rouge, mil, maïs, et le riz (bas fond)
- les cultures de rentes : niébé, arachide, et le voandzou
- les cultures de contre-saison : oignon, tomate, aubergine, choux, gombo, poivron

Ces différentes spéculations occupent des superficies évolutives d'une année à une autre, à cause de la pression démographique et de la faible utilisation de la fumure organique facteur important de production dans le cadre de l'intensification de la production agricole.

Le mode de production dominant est manuelle et celui de la culture attelée avec l'usage des équipements agricoles de traction animale (bovine et asine) dans tout le processus de production, de la préparation du lit de semis, en passant par le sarclage et le binage.

Ces aménagements hydro-agricoles vont favoriser un développement des activités de contre saison et d'amélioration de cette production agricole gage de développement au niveau de cette localité.

❖ La production pastorale

Le système extensif est le plus dominant dans la zone. Les animaux sont guidés par des bergers en saisons pluvieuses et laissés en divagation pendant la saison sèche. Les collines, les jachères et les bois sacrés constituent les lieux de pâturages pour les animaux pendant la saison hivernale. Les femmes pratiquent l'embouche bovine, ovine, notamment le porc comme premier choix et la volaille, ce qui constitue le départ d'une intensification de la production pastorale.

La zone possède une diversité appréciable d'espèces animales : bovins, caprins, ovins, asins, porcins, et la volaille. Il ressort de l'étude que les ovins et les caprins sont les plus nombreux en terme d'effectifs du cheptel, ensuite viennent les gros ruminants à savoir les bovins. Les porcins occupent la troisième place. La volaille est très importante et diversifiée en termes d'espèce telle que la poule, les dindons, les pintades, et les canards.

Comme toute espèce vivante, les animaux ne sont pas exemptes de maladies qui influencent considérablement la production pastorale.

Le fourrage naturel et les résidus de récoltes constituent la majeure partie de l'alimentation des animaux de la zone. Ce fourrage est formé par les espèces herbacées et ligneuses de la zone, lesquelles sont rares en saison sèche, rendant ainsi difficile l'accès à l'aliment du bétail

Les marigots et les forages sont les différents lieux d'abreuvement des animaux. Les rigoles n'étant pas pérennes, les animaux sont obligés de partager l'eau des forages avec les producteurs, ce qui n'est pas du tout facile pour les localités de la zone situées loin de la retenue d'eau (barrage de Pensa).

- **Les autres activités**

Au titre des autres activités de production, on note la cueillette, la pêche, le commerce et l'apiculture traditionnelle.

Pour ce qui de la cueillette, elle concerne surtout les espèces ayant comme usage l'alimentation, ce sont : *Balanites aegyptiaca, Parkia biglobosa, Butyrospermun parkii, Bombax constatum, Adansonia digitata, Tamarindus indica, Saba senegalensi, Lanea microcarpa,* leur produit sont consommés à l'état brut surtout et de fois transformé en dérivé comme le beurre de karité et le soumbala pour ne citer que ceux-ci.

Dans le domaine des échanges commerciaux, la zone du projet dispose de marchés départementaux et de marché provincial qui se tient chacun tous les trois (3) jours. Plusieurs produits sont vendus et achetés ; pour ce qui est des produits vendus, on peut distinguer les ruminants, la volaille, les légumes, les produits des cultures de rentes comme l'arachide, le niébé, le sésame et le voandzou et de fois les céréales. Quant aux produits achetés, il y a les céréales, les légumineuses, les légumes, les ruminants et surtout les produits manufacturés.

- **Les activités génératrices de revenus des femmes**

Les femmes des villages de la commune rurale de Pensa, à l'instar d'autres femmes mènent des activités génératrices de revenus. Ce sont:

- le tissage ;
- la vente de petits ruminants dont l'activité constitue une sorte d'épargne pour les femmes ;
- la vente de produits agricoles que sont le mil, le sorgho, le niébé et le voandzou ;
- la vente de cultures maraichères;

1.2.4.2. Gestion du foncier

Le régime foncier utilisé dans la localité est celui traditionnel des mossis et ceux chargé de la mise en œuvre de ce régime sont les détenteurs du pouvoir traditionnel à savoir les « Teng Naaba ». Dans cette, la terre appartient au chef de village ou chef de terre, aux lignages et la propriété est transmise de générations en générations. Seuls les descendants masculins peuvent hériter la terre. La gestion moderne du foncier à travers la reforme régime foncier rural est embryonnaire du fait que les responsables coutumiers ne sont pas au parfait de la portée de loi

1.2.5. Caractéristiques du barrage de PENSA

D'après l'Etude de reconstruction d'Avril 2007 du barrage de Pensa dans son rapport technique, les informations suivantes sont récapitulées dans la fiche technique de l'ouvrage.

a) Localisation du barrage

- Village : Pensa
- Département/commune rurale : Pensa
- Province : Sanmatenga
- Coordonnées : longitude 00°48'15'' Ouest et latitude 13°39'18'' Nord

b) Bassin versant

- Superficie du bassin versant : 1811 km^2
- Indice de compacité : 1,33
- Débit de crue centennale (m^3/s) : 500 m^3/s (crue de projet)
- Pluviométrie moyenne annuelle : 510 mm
- Apport liquide en année moyenne : 64 000 000 m^3
- Apport solide annuel : 222 382 m^3

c) Retenue

- Cote retenue normale (CRN) : 99,50
- Cote des PHE : 100,94
- Volume de la retenue normale : 10 362 280 m^3
- Volume au Plus Haute Eau : 25 400 000 m^3
- Surface du plan d'eau à la CRN : 733,74 hectares
- Surface inondée au PHE : 1 305 hectares
- Hauteur maximale : 3,96 m

d) Digue

- Type : homogène en terre
- Cote de la crête : 101,50
- Hauteur maximale : 5,80 m
- Longueur en crête : 2 273,36 m
- Largeur en crête : 3,50 m
- Pente talus aval : 1V/2H
- Pente talus amont : 1V/2H
- Cote du mur parapet : 102,00
- Volume de remblais : 32 991,11 m^3

e) Evacuateur de crue

Déversoir central

- ⇨ Type : seuils poids
- ⇨ Charge maximale sur le seuil : 1,44 m
- ⇨ Cote de calage : 99,50
- ⇨ Longueur du seuil : 130 m
- ⇨ Largeur bassin de dissipation : 5 m

Déversoir latéral

- Type : seuil
- Charge maximale : 0,50 m
- Cote de calage : 101,00
- Longueur du seuil : 160 m

2. Objectifs et résultats attendus de l'étude

2.1. Objectif global

L'objectif global est de concevoir un réseau d'irrigation et de drainage efficient et efficace en terme de rendement et d'élaborer une stratégie de management local de l'irrigation du périmètre de Pensa en vue d'une durabilité du développement local envisagé par le projet.

2.2. Objectifs spécifiques

De façon spécifique il est question de :

- ✓ Concevoir un réseau d'irrigation qui permet d'apporter la quantité d'eau nécessaire pour le développement des cultures à pratiquer sur le site ;

- ✓ Concevoir un réseau de drainage qui permet d'assainir les sols agricoles irrigués et faciliter un développement facile du système racinaire des cultures ;
- ✓ Proposer un système de maintenance et d'entretien durable des infrastructures hydrauliques du périmètre ;
- ✓ Elaborer une stratégie de gestion durable du périmètre aménagé.

2.3.Résultats attendus

L'étude doit aboutir aux résultats suivants :

- ⊗ Le réseau d'irrigation conçu est efficience et efficace en terme de couverture des besoins en eau des cultures à pratiqué sur le site de Pensa ;
- ⊗ Le réseau de drainage est conçu et facilite l'évacuation des eaux usées du périmètre aménagé ;
- ⊗ Un système de maintenance et d'entretien des infrastructures hydrauliques est proposé ;
- ⊗ Une stratégie de gestion durable de l'ensemble du périmètre irrigué est élaborée en tenant compte des contraintes de la localité.

3. Méthodologie

3.1.L'analyse documentaire

Une analyse documentaire diversifiée prenant en compte des documents de portée générale complété par des documents spécialisés dans le domaine de la gestion des aménagements hydro-agricole en Afrique Occidentale et au niveau des petits périmètres irrigués. Il s'agit des documents de politiques nationales en matière de lutte contre la pauvreté en générale, et de l'insécurité alimentaire en générale, ceux de la politique en matière de l'eau au niveau national, de la reforme agraire et foncière et des aménagements hydro-agricoles. Les documents de synthèses sur la conception des réseaux d'irrigation où il est question des calculs de besoins en eaux des cultures et du design des réseaux d'irrigation et de drainage, de même que de dimensionnement de la station de pompage ont été exploités. Les rapports des anciennes études des aménagements hydro-agricoles du pays ne furent pas du reste, de même que certains mémoires et thèse de doctorat dans ce domaine de l'irrigation en Afrique sub-sahélienne.

3.2.L'utilisation de formule et de logiciel

Pour le calcul des différentes dimensions des ouvrages hydrauliques nous avons fait usage de certaines formules initiées par les spécialistes en la matière. Au titre de celles-ci nous avons les formules de Manning et Strencher, de Savva et autres. Aussi certaines n'ont pas été précisées car émanent directement des cours dispensés par les enseignants des 2iE.

Pour le traitement de certaines données et la réalisation de certains profils nous avons utilisés les logiciels spécifiques comme AUTOCARD 2008, AUCARD 2004, COVADIS 2004, EXCEL, et GOOGLE EATH.

3.3. Les entretiens

Une des principales caractéristiques de l'élaboration de ce document est son caractère participatif à travers l'utilisation des outils de la MARP (cartes des ressources, des infrastructures sociales, les flux d'échanges et de polarisation, le diagramme de VENN pour le partenariat au niveau local, la priorisation des contraintes et des solutions,…) pour la partie diagnostic des travaux.

L'analyse des données collectées auprès des acteurs du développement rencontrés au niveau de la zone du projet a enrichi l'analyse documentaire. A ce niveau, en plus des responsables de la commune rurale de Pensa, des assemblées générales de villages et des focus groupes, ont été réalisés avec les producteurs des villages qui partage les eaux du barrage.

3.4. Les échanges avec les services techniques décentralisés, les programmes/projets et ONGs

Ces échanges ont permis de recueillir l'avis de ces responsables sur l'objet de la mission et surtout leur appréciation de l'impact des différentes actions de développement dans la zone en matière d'aménagement de périmètres agricoles.

Aussi ce fut l'occasion de faire la situation des différents acteurs intervenants dans la commune dans le domaine de la lutte contre la pauvreté et d'amélioration de la sécurité alimentaire des populations.

4. Résultats de l'étude

4.1.Calcul des paramètres de l'irrigation

4.1.1. Besoins en eau des cultures

Les besoins en eau des différentes cultures aptes sur le périmètre de Pensa sont consignés dans le tableau ci-après.

Tableau N°4 : Besoins en eau des cultures

Cultures	Paramètre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Totaux
Climat	Moyenne pluviométrique	0	0,2	1,6	7	32,8	77,6	150,5	186	92,6	18,7	1	0,3	568,3
	Moyenne de l'évaporation Bac A	226,26	249,05	321,22	329,05	331,63	281,47	228,69	187,31	192,65	241,17	234,55	219,35	3017,68
	Pefficence=0,6P-10 si Pinf=75mm Pe=0,8P-25 si Psup=75mm	0	0	0	0	9,68	37,08	95,4	123,8	49,08	1,22	0	0	
	ETP=K.Ev (bac A) avec K=0,76	171,96	189,28	244,13	250,08	252,04	213,92	173,80	142,36	146,41	183,29	178,26	166,71	
Culture de Riz	Pe=0,8P	0	0,16	1,28	5,6	26,24	62,08	120,4	148,8	74,08	14,96	0,8	0,24	
	Kc	1,5	1,3	1,05				1,15	1,5	1,3	1,05		1,15	
	ETM (mm)=KcXETP	257,94	246,06	256,33				199,88	213,53	190,34	192,45		191,71	
	Lame d'eau (mm) L	50						50	50				50	
	Percolation (mm) P	155	155	155				155	155	155	155		155	
	Imbibition (mm) I							100					100	
	Besoins BN en eau (mm)=(ETM-Pe)+L+I+P	462,94	400,90	410,05				384,48	269,73	271,26	332,49		496,47	
	Besoins Net en eau m3/ha)=10XBN	4629,36	4009,01	4100,54				3844,75	2697,33	2712,58	3324,94		4964,72	
	Efficience du réseau (e)	0,75	0,75	0,75				0,75	0,75	0,75	0,75		0,75	
	Besoins Bruts BB en m3/ha BB=BN/e	6172,49	5345,35	5467,38				5126,33	3596,45	3616,78	4433,25		6619,63	
	Besoins total campagne en m3/ha	23604,84						16772,80						
Culture du maïs	Kc	0,75										0,5	1,12	
	ETM (mm)	128,97										89,13	186,71	

	Besoins en eau BN (mm)= ETM-Pe	128,97										89,13	186,71	
	Besoins en eau (m3/ha)=10XBN	1289,68										891,29	1867,11	
	Efficience du reseau (e)	0,75										0,75	0,75	
	Besoins Bruts BB en m3/ha BB=BN/e	1719,58										1188,39	2489,48	
	Besoins total campagne en m3/ha	5397,44												
Cultures d'oignon et de chou	Kc	0,75	1,1	1									0,5	
	ETM (mm)	128,97	208,21	244,13									83,35	
	Besoins en eau BN (mm)= ETM-Pe	128,97	208,21	244,13									83,35	
	Besoins en eau (m3/ha)=10XBN	1289,68	2082,06	2441,27									833,53	
	Efficience du reseau (e)	0,75	0,75	0,75									0,75	
	Besoins Bruts BB en m3/ha BB=BN/e	1719,58	2776,08	3255,03									1111,37	
	Besoins total campagne en m3/ha	8862,06												
Cultures de Tomates	Kc	0,75	1,2	1									0,5	
	ETM (mm)	128,97	227,13	244,13									83,35	
	Besoins en eau BN (mm)= ETM-Pe	128,97	227,13	244,13									83,35	
	Besoins en eau (m3/ha)=10XBN	1289,68	2271,34	2441,27									833,53	
	Efficience du reseau (e)	0,75	0,75	0,75									0,75	
	Besoins Bruts BB en m3/ha BB=BN/e	1719,58	3028,45	3255,03									1111,37	
	Besoins total campagne en m3/ha	9114,43												

Source : Résultats étude 2010

Il ressort des calculs que les besoins de pointe pour les différentes cultures varient :

- ✓ Pour le riz pluvial c'est 5126,33 m^3/ha correspondant au besoin en du mois de juillet ;
- ✓ Pour le riz en contre saison ils sont de 6619,63 m^3/ha au mois de décembre ;
- ✓ Pour le maïs en contre saison, ils sont de 2489,48 m^3/ha au mois de décembre ;
- ✓ Pour l'oignon, la tomate et le chou en contre saison, ils sont de 3255,03 m^3/ha au mois de mars.

Les besoins totaux des cultures par campagne sont estimés en moyenne à 850 000 m^3 soit environ 10% du volume total du barrage par rapport à la retenue normale.

4.1.2. Estimation de la durée journalière et mensuelle de l'irrigation

La durée journalière retenue après investigation, c'est-à-dire après entretien avec les bénéficiaires en tenant compte de leur petite expérience en irrigation traditionnelle et des normes FAO, est la suivante :

- Pour la culture du riz (complément d'eau) en irrigation par bassins elle est estimée à 16h/24h soit 20 jours/mois ;
- Pour les cultures de maïs, d'oignon, de tomate et de chou en contre saison, elle estimée à 10h/24h soit 12,5 jours/mois.

4.1.3. Calcul de débits

Trois types de débits sont calculés à ce niveau, il s'agit du :

® Débit fictif continue (DFC)

Il se définit comme étant le débit avec lequel il faudrait apporter les besoins d'eau d'une culture donnée au cours d'une journée, d'une décade et d'un mois d'une manière continue. C'est donc le débit que devait transporter le réseau d'irrigation s'il fonctionnait 24h/24, tous les jours au pas de temps considéré.

$$DFC = \frac{BB \times 1000}{nb \times 24 \times 3600}$$

Avec nb=nombre de jours de la période

Le tableau ci-dessous présente le DFC de chaque culture en fonction de la durée de son cycle végétatif.

Tableau N°5 : Débit fictif continue des différentes cultures

Cultures	Durant total du cycle (jour)		DFC (l/s/ha)
Riz	Juillet	31	1,91
	Aout	31	1,34
	Septembre	30	1,39
	Octobre	31	1,65
Maïs	Novembre	30	0,46
	Décembre	31	0,93
	Janvier	31	0,64
Oignon, et Chou	Décembre	31	0,41
	Janvier	31	0,64
	Février	28	1,15
	Mars	31	1,22
Tomate	Décembre	31	0,41
	Janvier	31	0,64
	Février	28	1,25
	Mars	31	1,22

Source : Résultats étude 2010

A l'issue des calculs le DFC le plus élevé par culture est de 1,91 l/s/ha pour le riz au mois de juillet, 0,93 l/s/ha pour le maïs au mois de décembre, de 1,22 l/s/ha pour le chou et l'oignon au mois de mars, et enfin de 1,25 l/s/ha pour la tomate au mois de février.

® **Débit de point (qc)**

De façon pratique l'irrigation ne peut se faire généralement au débit fictif continu, mais de manière discontinue, d'où la raison de calcul du débit point **qc.**

$$qc = \frac{BB \times 1000}{nb \times nh \times 3600}$$

nh=nb d'heure d'irrigation

Le tableau ci-dessous présente le **qc** de chaque culture en fonction de la durée de son cycle végétatif.

Tableau N°6 : Débit de point des différentes cultures

Cultures	Nombre d'heure d'irrigation	Durant total du cycle (jour)		qc (l/s/ha)
Riz	nh=16h	Juillet	31	2,87
		Aout	31	2,01
		Septembre	30	2,09
		Octobre	31	2,48
Maïs	nh=10h	Novembre	30	1,10
		Décembre	31	2,23
		Janvier	31	1,54
Oignon, et Chou	nh=10h	Décembre	31	0,99
		Janvier	31	1,54
		Février	28	2,75
		Mars	31	2,91
Tomate	nh=10h	Décembre	31	0,99
		Janvier	31	1,54
		Février	28	3,00
		Mars	31	2,91

Source : Résultats étude 2010

Le débit de pointe **q**c le plus élevé par culture est de 2,87 l/s/ha pour le riz au mois de juillet, 2,23 l/s/ha pour le maïs au mois de décembre, de 2,91 l/s/ha pour le chou et l'oignon au mois de mars, et enfin de 3,00 l/s/ha pour la tomate au mois de février .

® **Débit maximum de pointe (DMP)**

C'est le débit effectif qu'il est nécessaire d'introduire dans le réseau pour pouvoir combler le déficit en eau de la culture donnée. Ce débit tient compte de la durée réelle de l'irrigation et c'est lui qui sera utilisé pour le calibrage du réseau.

$$\mathbf{DMP} = \frac{\mathbf{BB \times 1000}}{\mathbf{nj \times nh \times 3600}}$$

nj= nombre de jour réel d'irrigation

Le tableau ci-dessous présente le **DMP** de chaque culture en fonction de la durée de son cycle végétatif.

Tableau N°7 : Débit maximum de point des différentes cultures

Cultures	**Nombre d'heure d'irrigation**	**Nombre de jour réel d'irrigation nj**		**DMP (l/s/ha)**
Riz	nh=16h	Juillet	21	4,24
		Aout	21	2,97
		Septembre	20	3,13
		Octobre	21	3,66
Maïs	nh=10h	Novembre	12	2,64
		Décembre	13	5,32
		Janvier	13	3,67
Oignon, et Chou	nh=10h	Décembre	13	2,37
		Janvier	13	3,67
		Février	12	6,42
		Mars	13	6,95
Tomate	nh=10h	Décembre	13	2,37
		Janvier	13	3,67
		Février	12	7,01
		Mars	13	6,95

Source : Résultats étude 2010

Le débit maximum de point **DMP** le plus élevé par culture est de 4,24 l/s/ha pour le riz au mois de juillet, 5,32 l/s/ha pour le maïs au mois de décembre, de 6,96 l/s/ha pour le chou et l'oignon au mois de mars, et enfin de 7,01 l/s/ha pour la tomate au mois de février.

4.1.4. Calcul des doses de l'irrigation ou de l'arrosage

La dose d'irrigation est la quantité d'eau qu'il faut apporter à chaque irrigation pour combler le déficit d'humidité du sol. La profondeur racinaire des cultures, le taux d'humidité du sol à limite de saturation et le taux d'humidité au point de fleurissement, sont des aspects important dans la détermination et le calcul de ces doses.

4.1.4.1.Détermination de la dose pratique (Dp)

Nous avons procédé à une détermination de cette dose pratique **Dp**, car nous avons utilisé des données fournies par certains auteurs de ce domaine, intégré aux conditions réelles du projet. Ainsi, selon Withers Vipond en 1974, la **réserve utile (RU**) d'un **sol argilo-limoneux** (ce type de sol est choisi pour représenter les sols de la rive gauche) est de **150 mm/m**. En tenant compte de la profondeur racinaire des différentes cultures (riz, maïs, oignon, chou et tomate) à exploiter, le maïs est la spéculation qui a la plus grande profondeur racinaire d'environ 1,00m d'après Depeweg en 1998, ce qui ramène la **réserve utile** contraignante à **150mm**. Pour la rive droite le sol argileux est retenu pour représenter ceux de cette rive du site ;

la RU de ce sol est de 200 mm/m selon les mêmes auteurs, d'où une réserve utile pratique de **200 mm** en considérant toujours la profondeur racinaire du maïs.

La dose pratique **Dp** a apporté à chaque irrigation est égale aux 2/3 de la réserve utile RU.

Dp= 2/3 RU

Rive	Reserve utile RU (mm)	Dose pratique Dp (m3/ha)
Gauche (sol argilo-limoneux)	150	1000
Droite (sol argileux)	200	1333

4.1.4.2.Dose réelle (Dr)

Comme son nom l'indique c'est la dose qu'il faut réellement apporter et celle-ci est toujours inférieur ou égale à la dose pratique.

$$\mathbf{Dr}= \frac{\mathbf{BB}}{\mathbf{N}} \quad \text{avec } \mathbf{N}= \frac{\mathbf{BB}}{\mathbf{Dp}}$$

N=nombre d'apports mensuel pour satisfaire la Dr

Le tableau ci-dessous présente le **Dr** de chaque culture en fonction des périodes de son cycle végétatif.

Tableau N°8 : Dose réelle des différentes cultures

Cultures	Période (mois)	Nb d'apport mensuel N		Dose réelle Dr (m^3/ha)	
		Rive gauche	Rive droite	Rive gauche	Rive droite
Riz	Juillet	5/6	4	1025/854*	1282
	Aout	4	3	899	1199
	Septembre	4	3	904	1206
	Octobre	4/5*	3/4	1108/887	1478/1108
Maïs	Novembre	1/2	1	1188/594	1188
	Décembre	3	2	830	1245
	Janvier	2	1/2	860	1720/860
Oignon, et Chou	Décembre	1/2	1	1111/556	1111
	Janvier	2	1/2	860	1720/860
	Février	3	2/3	925	1388/925
	Mars	3/4	3	1085/814	1085
Tomate	Décembre	1/2	1	1111/556	1111
	Janvier	2	1/2	860	1720/860
	Février	3	2/3	925	1388/925
	Mars	3/4	3	1085/814	1085

Source : Résultats étude 2010

* : 2 / 3 désigne le nombre d'apport mensuel réajusté en tenant compte du fait que la dose réelle ne doit pas être supérieure à la dose pratique. Le 2 est le nombre d'apport mensuel obtenu après calcul direct en utilisant la formule et le 3 est celui ajusté pour respecter les normes. Il en est de même pour les Dr où par exemple on a 1085/814 signifie que la Dr calculé est de 1085m^3/ha et celle réajustée est de 814m^3/ha car dans ce cas la Dp est de 1000m^3/ha.

Le nombre d'apport mensuel varie de deux (2) à quatre (4) pour les cultures de maïs, de choux, d'oignon et de tomate, et de trois (3) à six (6) apports pour le riz.

4.1.4.3.Fréquence d'arrosage N

Les besoins mensuel BB étant connus pour chaque type de culture, le nombre de fois qu'il faut apporter la dose réelle Dr pour satisfaire ce besoin mensuel est appelé fréquence d'arrosage N.

$$N = \frac{BB}{Dr}$$

Pour les différentes cultures cette fréquence théorique est consignée dans le tableau précédent.

4.1.4.4.Rotation R et tour d'eau T

Elle se définit comme étant le nombre de jours séparant deux irrigations sur la même parcelle.

$$R = \frac{nb}{N} \text{ (en jour)}$$

Le tableau ci-dessous présente le **Dr** de chaque culture en fonction des périodes de son cycle végétatif.

Tableau N°9 : Rotation des aménagements du site

Cultures	Période (mois)	Nb de jours d'irrigation	Nb d'apport mensuel N		Rotation R		Tour d'eau T	
			Rive gauche	Rive droite	Rive gauche	Rive droite	Rive gauche	Rive droite
Riz	Juillet	21	6	4	4	5	3	4
	Aout	21	4	3	5	7	4	6
	Septembre	20	4	3	5	7	4	6
	Octobre	21	5	4	4	5	3	4
Maïs	Novembre	12	2	1	6	12	5	11
	Décembre	13	3	2	4	6	3	5
	Janvier	13	2	2	4	4	3	3
Oignon, et Chou	Décembre	13	2	1	6	13	5	12
	Janvier	13	2	2	4	4	3	3
	Février	12	3	3	4	4	3	3
	Mars	13	4	3	4	4	3	3
Tomate	Décembre	13	2	1	6	13	5	12
	Janvier	13	2	2	6	6	5	5
	Février	12	3	3	4	4	3	3
	Mars	13	4	3	3	4	2	3

Source : Résultat étude 2010

Il ressort de l'analyse du tableau que la rotation R la plus représentative ou à retenir pour l'ensemble des deux rives et pour toutes les cultures est de 4 jours, ce qui signifie que les exploitants ou producteurs doivent irriguer trois (3) et le quatrième sera consacré aux activités d'entretien et autres du réseau. Quant au tour d'eau T, il est de trois jours c'est-à-dire que si l'on apport l'eau à la parcelle A à la date X il faudra attendre à la date X+3 pour apporter de nouveau l'eau à la même parcelle.

4.1.4.5.Surface de quartier hydraulique (Sh en ha)

Il correspond à la superficie alimenté par un même canal d'irrigation autour desquels s'organise un tour d'eau entre différents irrigants.

$$\mathbf{Sh=\frac{m}{DMP}}$$ avec m= main d'eau

La main d'eau se définit comme étant la quantité d'eau mise à la disposition d'un producteur pour qu'il ne la gaspille pas. C'est un débit à choisir qui fonction du type d'irrigation. Dans le cas présent de site de Pensa, c'est l'irrigation gravitaire qui est préconisée et en fonction des habitudes culturales et des expériences des bénéficiaires l'irrigation à la raie sera retenue. Ainsi, pour ce type d'irrigation la main d'eau ne doit pas excéder les 12l/s ; de ce fait nous choisissons un **m=11l/s** proche du maximum à cause de la texture du sol. Le DMP le plus élevé de l'ensemble des cultures est de 7,01l/s/ha, mais nous choisissons celui de **6,95 l/s/ha** plus représentatif.

Sh=11/6,95=1,58ha Sh=1,58ha

Pour des questions pratiques de design nous prenons **Sh=1,5 ha**

L'eau sera apportée à cette Sh par le même réseau d'irrigation, le même jour mais pas au même instant.

Estimation du temps (t) d'irrigation de cette superficie Sh.

$$\mathbf{t=\frac{Dr\ x\ Sh}{m}}$$ en **(**s/ha**)**

En prenant Dr=925 m3/ha est la dose réelle la plus élevée de l'ensemble des cultures ; on aura : $t=\frac{925x1000x1,5}{11}$=126136s/mois

On aura t = 4205s/j soit 70mn/j **t=70mn/jour**

Il faudra donc 70 minutes par jour pour apporter la quantité d'eau nécessaire à la superficie Sh de 1,5ha. Autrement dit le séjour de l'eau dans les canaux qui servent la Sh ne doit pas dépasser les 70 minutes sinon on assistera à un gaspillage d'eau et par conséquent les parcelles irriguées risques d'être inondées.

4.1.4.6.Débit réseau (Q)

La détermination de ce débit est fonction des superficies disponibles pour l'aménagement. Ces superficies sont subdivisées en quatre blocs A, B, C et D. comme son nom l'indique c'est le débit en tête de réseau.

Q= nb de Sh x m (l/s)

Le nombre de Sh est calculé à partir de la surface utile et non la surface brute ou globale du bloc donné. En générale pour une superficie donnée à aménager on consacre 20% de celle-ci aux différentes infrastructures (réseau d'irrigation et de drainage, ouvrages annexes, station de pompage, pistes, et autres).

Le tableau suivant présente les débits réseau par bloc.

Tableau N°10 : Débit réseau par bloc

Bloc	Superficie estimée (ha) Se	Superficie utile (ha) 80%Se	Superficie pour les infrastructures 20%Se	Nombre de Sh	Débit réseau Q (l/s)
A	32/34*	25,60/27,10	6,40/6,60	17/18*	198
B	28	22,40	5,60	15	165
C	35/34	28/27,10	7/6,60	19/18	198
D	52/50	41,60/40,11	10,40/9,89	28/27	297

Source : Résultats étude 2010

* : 17/18 cela signifie que le nombre de Sh obtenu après calcul avec la superficie estimée est ajusté, c'est-à-dire qu'après on obtient 17 Sh et ce nombre est ajusté à 18 Sh pour des questions pratique et de design du réseau. Car pour avoir un réseau facilement manipulable il est préférable que le nombre de Sh soit un multiple du tour d'eau qui est dans notre cas de 3. Ce nombre étant ajusté il s'en suit de même pour la superficie estimée.

En prenant en compte l'ensemble des paramètres à ce niveau à savoir contraintes de terrain, Sh obtenue le tableau ci-dessus devient :

Tableau N°11 : Débit réseau pratique par bloc

Bloc	Superficie estimée (ha) Se	Superficie utile (ha) 80%Se	Superficie pour les infrastructures 20%Se	Nombre de Sh	Débit réseau Q (l/s)
A	34	27,10	6,60	18	198
B	26	21	5	14	154
C	30,13	24,10	6,03	16	176
D	44,50	35,65	8,85	24	264

Source : Résultats étude 2010

Ce sont ces débits réseau qui seront utilisés pour le dimensionnement de l'ouvrage de prise et du canal principal.

4.2.Choix du mode d'irrigation

Deux options sont possibles pour ce périmètre du site de Pensa, à savoir :

- L'irrigation gravitaire à canaux construits non couvert ;
- L'irrigation gravitaire avec canalisation ou semi-californienne.

4.2.1. L'irrigation de surface ou gravitaire

Elle peut être préconisée pour les aménagements du site de Pensa. En effet, elle est peu coûteuse en investissement et nécessite peu d'énergie, c'est le mode d'irrigation le plus ancien et le plus répandu dans le monde. Sous sa forme traditionnelle**,** l'eau est distribuée sur la parcelle par des canaux en terre, dans les berges desquelles sont ouvertes des brèches qui alimentent des bassins, des planches ou des raies. Dans notre cas, site de Pensa selon le type de sol en présence, la profondeur racinaire des cultures, la dose et la pente du terrain, nous précuisons le mode d'irrigation par sillons (raies) pour l'ensemble des blocs A, B, C et D.

Comme tout système, plusieurs contraintes majeures peuvent remettre en cause ce mode d'irrigation: les pertes d'eau, l'importance et la pénibilité du travail qu'exige la conduite de l'eau tant dans les canaux d'amenée que sur le champ, la nécessité de maintenir un bon nivellement de la surface du sol. Pour pallier à cela, les équipements d'irrigation comme :

- ⇨ Les vannes de régulation qui permettent d'alimenter successivement les différents biefs ;
- ⇨ Les vannes de prises latérales pour alimenter les rigoles ;
- ⇨ Les chutes pour maintenir le niveau d'eau dans les canaux d'irrigation et de drainage dans ce cas pour faciliter la récupération des eaux usées.

4.2.2. L'irrigation semi-californienne

Elle peut être envisagée sur le site de Pensa. Certes, la technique n'est pas tellement répandue dans les périmètres irrigués du pays, elle est facile en entretien et réduit considérablement les pertes d'eau par évaporation, par percolation, par gaspillage aux seins des parcelles, et autres. Sa mise en œuvre nécessite un renforcement de capacité des bénéficiaires pour la manipulation des équipements.

Pour pallier à certains problèmes, les équipements d'irrigation suivant sont utilisés :

- ⇨ Les vannes de régulation qui permettent d'alimenter successivement les différents biefs ;
- ⇨ Les vannes de prises latérales pour alimenter les rigoles ;
- ⇨ Les robinets, les clapets, …

4.3. Design du réseau d'irrigation

Le réseau d'irrigation comporte trois canaux et canalisations:

- Le canal (a) ou canalisation (b) primaire ;
- Les canaux ou canalisations secondaires ;
- Les canaux ou canalisations tertiaires ;

4.3.1. Design du profil en long des canaux et des canalisations

4.3.1.1. Tracé en plan des canaux/canalisation d'irrigation

Nous avons déterminé la taille des **blocs tertiaires (BT**) en tenant compte des contraintes de terrain, de la surface Sh (1,5ha), et ceux-ci différents d'un bloc à un autre et de fois au sein d'un même bloc. Ces blocs tertiaires (BT) constituent l'ensemble des parcelles desservies par une prise unique sur le canal primaire. Pour des questions pratiques, les parcelles auront des formes carrées (50m x 50m), et chaque surface Sh sera subdivisée en six (6) **parcelles de 0,25ha**. Le tableau ci-après présente le nombre de BT et de parcelles pour chaque bloc du périmètre.

Tableau N°12 : Effectif des blocs tertiaires (BT) et des parcelles par bloc

Bloc	Nombre de Sh	Nombre de BT	Nombre de Sh par BT	Nombre de parcelle par Sh	Nombre de parcelles par BT	Nombre de parcelles total	Surface utile agricole (ha)
A	18	3	6	6	36	108	27
B	14	2	4	6	24	42	10,50
		2	3	6	18		
C	16	4	4	6	24	96	24
D	24	6	4	6	24	144	36
TOTAL						**390**	**97,50**

Source : Résultat étude 2010

Au regard de cette subdivision, nous adoptons le réseau suivant : un canal secondaire alimentera un bloc tertiaire (BT) et un canal tertiaire alimente une surface hydraulique Sh. De ce fait le nombre de BT par bloc correspond au nombre de canaux secondaires et le nombre de canaux tertiaires à celui du nombre de Sh par bloc. La synthèse est présentée dans le tableau suivant.

Tableau N°13 : Répartition des canaux en fonction des blocs

Bloc	Nombre de Sh	Nombre de canaux/canalisation secondaires	Nb de parcelles desservies par un secondaire	Nombre de canaux tertiaires relié à un secondaire	Nombre de canaux/canalisation tertiaires total
A	18	3	36	6	18
B	14	2	24	4	14
		2	18	3	
C	16	4	24	4	16
D	24	6	24	4	24
TOTAL	**72**	**17**			**72**

Source : Résultats étude 2010

Il ressort de l'analyse du tableau que pour l'ensemble du site de Pensa le réseau d'irrigation comportera 17 canaux secondaires auxquels sont reliés 72 canaux tertiaires.

Le plan du périmètre est représenté en annexe.

4.3.1.2.Calcul de niveau d'eau requis

Pour assurer la fourniture de l'eau à tous les points de la surface du BT, le niveau d'eau requis dans le canal est obtenu en faisant le produit entre la longueur préliminaire du canal tertiaire par la pente du canal. Dans notre cas la pente du canal est estimée à 2,5‰ d'après les valeurs proposées par Savva et Frenken en 2002 pour lesquels la pente du canal ne doit pas excéder 3‰ ; la longueur préliminaire du canal tertiaire est estimée à 150m.

Soit **n ce niveau ;** $n = \frac{150x2,5}{1000}$ =0,375m soit 37,5 cm

niveau d'eau requis =37,50cm

Le niveau d'eau pratique ou du design dans les canaux d'irrigation doit être supérieur ou égal à ce niveau d'eau calculé. Nous prenons comme niveau d'eau de design dans le canal principal 0,5m soit 50 cm, 0,425m soit 42,50cm dans le canal secondaire et 0,375m soit 37,50cm dans le canal tertiaire.

Les calculs détaillés du profil en long des canaux principaux et secondaires donnant les côtes du radier, de la crête, et les distances préliminaires de ceux-ci par niveau pour chacun des quatre blocs du périmètre, est synthétisé en annexe.

4.3.2. Design du profil à travers des canaux

Il est question de dimensionner le canal principal, le canal secondaire et le canal tertiaire au niveau de chaque bloc du périmètre.

Les paramètres suivants sont à déterminer :

- Débit entrant dans le canal (Q);

- Section mouillée (As) ;
- Rayon hydraulique (Rh) ;
- Tirant d'eau (d) ;
- Largeur au plafond (b) ;
- Revanche (F) ;
- Périmètre mouillé (P) ;
- Pente longitudinale (S) ;
- Largeur au miroir (l).

Dans ce processus les formules suivantes seront utilisées :

D'après Savva et Frenken en 2002 ***la revanche*** $\mathbf{F= Cxd^{1/2}}$ avec

C=0,8 pour les débits inférieur ou égale à 0,5m^3/s comme dans notre cas et d=tirant d'eau

Formule de Manning établit à partir de l'équation de continuité.

Equation de continuité **: Q= As x V** où As est la section mouillée et V la vitesse.

Formule de Manning :

$$\mathbf{Q= \frac{1}{n} x\ As\ x\ R^{2/3} x\ S^{1/2}\ ou\ Q = Ks\ x\ As\ x\ R^{2/3} x\ S^{1/2}}$$

Avec : Q =débit (m^3/s) ; As=section mouillée (m^2) ; R=rayon hydraulique (m) (R=As/P) ; S=pente longitudinale du canal ; n=coefficient de rugosité de Manning et Ks=coefficient de rugosité de Strickler.

Surface du trapèze St=(grande base +petite base)/hauteur

Si nous assimilons la surface St=As, grande base=l, petite base=b et hauteur = d

Nous proposons que **les canaux soit revêtus avec du béton** afin d'améliorer l'efficience du système et aussi de la structure des sols.

4.3.2.1.Design du canal principal

Chaque bloc dispose d'un canal principal ou primaire de longueur différente. La synthèse des paramètres canal trapézoïdal calculés est représentée dans le tableau ci-après.

Tableau N°14 : Synthèse des paramètres du design du canal primaire

Bloc	Q (m^3/s)	d (m)	F (m)	As (m^2)	V (m/s)	Rh (m)	b (m)	l (m)	P (m)	x	n (s/$m^{1/3}$)	Ks ($m^{1/3}$/s)	S (%0)
A	0,198	0,5	0,565	0,33	0,60	0,31	0,60	0,70	1,06	1,25	0,012	83	0,25
B	0,154	0,5	0,565	0,28	0,55	0,27	0,52	0,60	1,04	1,25	0,012	83	0,25
C	0,176	0,5	0,565	0,29	0,60	0,30	0,53	0,65	0,98	1,25	0,012	83	0,25
D	0,264	0,5	0,565	0,41	0,64	0,37	0,75	0,90	1,11	1,25	0,012	83	0,25

Source : Résultats étude 2010

Avec $\frac{l}{d}$=1,40 et V= 0,60m/s pour le bloc A ; avec $\frac{l}{d}$=1,20 et V= 0,55m/s pour le bloc B

Avec $\frac{l}{d}$=1,30 et V= 0,60m/s pour le bloc C ; et avec $\frac{l}{d}$ =1,80 et V= 0,64m/s pour le bloc D

Ks=83, x=1,25 (Savva et Frenken en 2002) et n= 0,012 car le canal est en béton fini et enfin S=0,25‰ puisque le débit est inférieur à 0,3 m^3/s.

Pour la canalisation le dimensionnement des canalisations primaires ont consisté à la détermination des diamètres nominaux (DN) des tubes en fonction des débits à transité dans ces canalisations. Nous avons utilisé l'abaque de Savva et Frenken 2001 qui donne les DN des tubes AC classe 12 et 18 en fonction des débits.

Le tableau suivant fait la synthèse de ces valeurs retenue

Tableau N°15 : Dimensionnement des canalisations primaires

Bloc	**Q (l/s)**	**DN (mm)**
A	198	225
B	154	175-200
C	176	200
D	264	225-260

Source : Résultats étude 2010

4.3.2.2.Design du canal secondaire

La synthèse des paramètres du canal rectangulaire (b=l) calculés est représentée dans le tableau ci-après.

Tableau N°16 : Synthèse des paramètres du design du canal secondaire

Bloc	**Q (m^3/s)**	**d (m)**	**F (m)**	**As ($m^{2)}$**	**V (m/s)**	**Rh (m)**	**b (m)**	**P (m)**	**x**	**n ($s/m^{1/3}$)**	**Ks ($m^{1/3}/s$)**	**S (%0)**
A	0,066	0,425	0,52	0,132	0,50	0,235	0,47	0,736	1,25	0,012	83	0,25
B 1	0,044	0,425	0,52	0,093	0,475	0,225	0,45	0,412	1,25	0,012	83	0,25
B 2	0,033	0,425	0,52	0,090	0,475	0,225	0,45	0,400	1,25	0,012	83	0,25
C	0,044	0,425	0,52	0,093	0,475	0,225	0,45	0,412	1,25	0,012	83	0,25
D	0,044	0,425	0,52	0,093	0,475	0,225	0,45	0,412	1,25	0,012	83	0,25

Source : Résultats étude

Avec $\frac{b}{d}$ =1,07 et V= 0,50m/s pour le bloc A

Avec $\frac{b}{d}$ =1,20 et V= 0,475m/s pour le bloc B, C et D.

Ks=83, x=1,25 (Savva et Frenken en 2002) et n= 0,012 car le canal est en béton fini et enfin S=0,25‰ puisque le débit est inférieur à 0,3 m^3/s.

Le design des canalisations secondaires a consisté à la détermination des diamètres nominaux (DN) des tubes en fonction des débits à transité dans ces canalisations. Nous avons utilisé l'abaque de Savva et Frenken 2001 qui donne les DN des tubes AC classe 12 et 18, en fonction des débits.

Le tableau suivant fait la synthèse de ces valeurs retenue

Tableau N°17 : Dimensionnement des canalisations secondaires

Bloc	**Q (l/s)**	**DN (mm)**
A	66	125-150
B1, C et D	44	125
B2	33	100-125

Source : Résultats étude 2010

4.3.2.3.Design du canal tertiaire

La synthèse des paramètres canal rectangulaire calculés est représentée dans le tableau ci-après.

Tableau N°18 : Synthèse des paramètres du design du canal tertiaire

Bloc	**Q (m^3/s)**	**d (m)**	**F (m)**	**As ($m^{2)}$**	**V (m/s)**	**Rh (m)**	**b (m)**	**P (m)**	**x**	**n ($s/m^{1/3}$)**	**Ks ($m^{1/3}$/s)**	**S (‰)**
A	0,006	0,375	0,48	0,0183	0,425	0,1825	0,375	0,10	1,25	0,012	83	0,25

Source : Résultats étude 2010

Il faut noter que le design du canal tertiaire est le même pour tous les quatre blocs.

Avec $\frac{b}{d}$=1,00 et V= 0,425m/s à cause du type de sol argilo-limoneux considéré pour l'ensemble d'après Savva et Frenken en 2002.

Ks=83, x=1,25 (Savva et Frenken en 2002) et n= 0,012 car le canal est en béton fini et enfin S=0,25‰ puisque le débit est inférieur à 0,3 m^3/s.

Le design des canalisations tertiaires s'est selon le même principe que les secondaires et primaires.

Le tableau suivant fait la synthèse de ces valeurs retenue

Tableau N°19 : Dimensionnement des canalisations tertiaires

Bloc	**Q (l/s)**	**DN (mm)**
A, B, C et D	6	75

Source : Résultats étude 2010

4.4.Design du réseau de drainage

Le réseau drainage comporte trois drains :

- Le drain principal ou collecteur ;
- Les drains secondaires ;
- Les drains tertiaires ;

4.4.1. Design du profil en long des drains

4.4.1.1.Tracé en plan des drains d'assainissement

Au regard du tracé en plan du réseau d'irrigation celui de drainage1 qui s'impose est récapitulé dans le tableau ci-après. Le drain tertiaire collecte les eaux usées de trois (3) parcelles paysannes, le drain secondaire reçoit les eaux provenant des drains tertiaires et ces eaux se jettent dans le drain principal ou collecteur. Il faut signaler les drains secondaires sont de deux types à cause de leur différence de dimension due à la quantité d'eau recueillie par chacun : il s'agit des drains secondaires situés à l'extrémité des blocs (De) et ceux se trouvant à l'intérieur (Di).

Tableau N°20 : Répartition des canaux en fonction des blocs

Bloc	Nombre de Sh	Nombre de drains secondaires	Nombre de drains tertiaires relié à un drain secondaire	Nombre de drains tertiaires total
A	18	Di=2 De=2	Di=10 De=5	30
B	14	Di=1 De=2	Di=6 De=3	20
		Di=1 De=2	Di=4 De=2	
C	16	Di=3 De=2	Di=6 De=3	24
D	24	Di=5 De=2	Di=6 De=3	36
TOTAL	**72**	Di=12 De=10		**110**

Source : Résultats étude 2010

Le tracé en plan en annexe donne un aperçu de la configuration de ces réseaux.

4.4.1.2.Calcul de niveau d'eau requis

Pour permettre l'évacuation des eaux usées des parcelles agricoles, on projection du niveau d'eau dans les drains est calculée en faisant le produit entre la longueur préliminaire du drain

1 Le débit des drains est en réalité une variable aléatoire qui peut être beaucoup plus élevée qu'on l'avait projeté. Les fuites des canaux sont un autre risque (Keita,2009)

tertiaire par la pente du drain. Nous estimons la pente du drain à 3‰ le maximum d'après les valeurs proposées par Savva et Frenken en 2002 afin de faciliter l'écoulement ; la longueur préliminaire du drain tertiaire est estimée à 150m.

Soit **n ce niveau ;** $n = \frac{150x3}{1000}$=0,45m soit 45 cm

niveau d'eau requis =45 cm

Le niveau d'eau pratique ou du design dans les drains doit être inférieur ou égal à ce niveau d'eau calculé. Nous prenons comme niveau d'eau de design dans le drain principal 0,45m soit 45 cm, 0,35m soit 35cm dans le drain secondaire et 0,25m soit 25cm dans le drain tertiaire.

Les calculs détaillés du profil en long des drains principaux et secondaires donnant les côtes du radier, de la crête, et les distances préliminaires de ceux-ci par niveau pour chacun des quatre blocs du périmètre, est synthétisé en annexe.

4.4.2. Design du profil à travers des drains

Le dimensionnement du drain principal, du drain secondaire et du drain tertiaire au niveau de chaque bloc du périmètre consiste à déterminer les paramètres suivants :

- ♣ Tirant d'eau (d) ;
- ♣ Largeur au plafond (b) ;
- ♣ Revanche (F) ;
- ♣ Profondeur du drain à partir de Terrain Normal (Pd) ;

Dans ce processus les formules suivantes seront utilisées :

D'après Savva et Frenken en 2002 ***la revanche*** **$F=Cxd^{1/2}$** avec

C=0,8 pour les débits inférieur ou égale à 0,5m^3/s comme dans notre cas et d=tirant d'eau

Formule de Manning établit à partir de l'équation de continuité.

***Profondeur du drain Pd*: Pd= b+d**

Nous proposons que **les canaux soit en terre** afin de faciliter la récupération des eaux.

4.4.2.1.Design du drain principal

Chaque bloc dispose d'un drain principal ou primaire de longueur différente. La synthèse des paramètres canal rectangulaire calculés est représentée dans le tableau ci-après.

Tableau N°21 : Synthèse des paramètres du design du drain primaire

Bloc	d (m)	F (m)	b (m)	Pd (m)
A, B, C	0,45	0,54	0,90	0,99/1
D	0,50	0,57	1,00	1,07/1,10

Source : Résultats étude 2010

Avec $\frac{b}{d}$=2 pour le bloc A, B, C et D

4.4.2.2.Design du drain secondaire

La synthèse des paramètres du drain calculés est représentée dans le tableau ci-après.

Tableau N°22 : Synthèse des paramètres du design du drain secondaire

Bloc	d (m)	F (m)	b (m)	Pd (m)
A, B, C	0,35	0,47	0,70	0,82/0,80
D	0,40	0,50	0,80	0,90

Source : Résultats étude

Avec $\frac{b}{d}$=2 pour le bloc A, B, C et D

4.4.2.3.Design du drain tertiaire

Le tableau ci-après représentée la synthèse des paramètres du drain rectangulaire calculés.

Tableau N°23 : Synthèse des paramètres du design du drain tertiaire

Bloc	d (m)	F (m)	b (m)	Pd (m)
A, B, C et D	0,25	0,40	0,50	0,65

Source : Résultats étude

Avec $\frac{b}{d}$=2 pour le bloc A, B, C et D

4.5.Ouvrages annexes du réseau

Au titre de ces ouvrages nous avons dans notre cas :

- Les chûtes ; les partiteurs à seuil ;
- Les partiteurs de régulation ;
- Les ouvrages de franchissement et pistes ;
- Les bassins de tranquillisation ;
- Les ouvrages de régulation (vanne, pertuis, bassins de réception) ;
- Les robinets, les clapets ;

4.5.1. Les chutes et les partiteurs à seuil

4.5.1.1.Les chutes

Les chutes seront incorporées au niveau des canaux secondaires disposés de façon perpendiculaire aux courbes de niveau. Ceci dans le but de maintenir le niveau de l'eau dans

le canal d'irrigation et réduire la hauteur du remblai des canaux d'irrigation. Au niveau des drains, ils facilitent la récupération des eaux usées des parcelles. La hauteur maximum qui sera adoptée est de 0,15m (Keita, 2009) sans bassin de tranquillement.

Le tableau suivant présente le nombre de chutes par bloc du site.

Tableau N°24 : Nombre de chûtes au niveau des canaux secondaires par bloc

Bloc	**Au niveau des canaux secondaires**		**Au niveau des drains**	
	Chûtes	**Côte**	**Chûtes**	**Côte**
A	11	- 102,00 (1) - 101,50 (4) - 101,00 (3) - 100,50 (3)	7	- 101,00 (4) - 100,50 (3)
B	6	- 102,00 (2) - 101,50 (1) - 101,00 (2) - 100,50 (1)	9	- 101,50 (1) - 101,00 (4) - 100,50 (4)
C	5	- 101,50 (2) - 101,00 (1) - 100,50 (2)	7	- 101,00 (3) - 100,50 (4)
D	9	- 102,00 (1) - 101,50 (2) - 101,00 (4) - 100,50 (2)	14	- 102,00 (1) - 101,50 (2) - 101,00 (5) - 100,50 (6)

Source : Résultat de l'étude 2009

Le tableau nous donne avec un peu de précision la position de ces chutes au niveau du périmètre par bloc. Celles-ci sont placées à une variation 0,5m de déniveler du terrain normale. Dans la réalisation il faudra intégrer les variations du terrain normal induit par les actions de planage.

4.5.1.2.Les partiteurs à seuils

Ce sont des régulateurs de débit qui seront réalisés dans le canal principal à quelques mètres avant les pertuis de surface des canaux secondaires. La longueur, la surface et l'épaisseur de l'ouvrage sont consignés dans le tableau ci-dessous en utilisant les formules (Kouamé, 2009) suivantes :

$$\mathbf{hc = 0{,}252\ Q^{0{,}4}}$$

$$\mathbf{e = 3{,}5hc \quad s = 1{,}5hc \quad L = 10hc}$$

Avec e =épaisseur du seuil, s= surface du seuil et L=longueur du seuil et Q=débit des canaux secondaires.

Tableau N°25 : Paramètres des partiteurs à seuil des canaux principaux

Bloc	Débit Q	hc	e(m)	s(m^2)	L(m)
A	0,066	0,085	0,30	0,1275	0,85
B1, C et D	0,044	0,072	0,25	0,108	0,72
B2	0,033	0,064	0,22	0,098	0,64

Source : Résultat étude 2010

4.5.2. Les basins de tranquillisation et bassins de réception

Ces bassins sont des ouvrages qui reçoivent les eaux d'un canal amont. Le bassin de tranquillisation sera conçu en tête de chaque canal principal et à la sortie de la canalisation de la pompe en vue d'une homogénéité des flux des eaux aux seins du bassin de réception des eaux de la pompe avant leur entrée dans le canal primaire. Quant au bassin de réception au niveau des parcelles reçoit l'eau des tertiaires et la libère dans la parcelle.

Le dimensionnement de ce bassin est donné par la formule suivante : **q=C.S.h** (Kouamé, 2009) avec q=débit arrivant dans le bassin, C constante=0,62, S=surface du bassin et h=hauteur du bassin.

On a q=0,006m^3/s et h=0,10m choisie de façon pratique

Calcul de la surface S

$$\mathbf{S=\frac{q}{C.h}} \qquad \mathbf{S=\frac{0,006}{0,62\times0,1}=0,0967m^2}$$

Si S=0,0967m^2 nous déterminons les dimensions longueur et largeur en prenant 0,40m comme longueur du bassin, la largeur (l)=$\frac{S}{L}$ $l=\frac{0,0967}{0,4}$=0,25m

En résumé le bassin de réception a les dimensions suivantes : S=0,0967 $\mathbf{m^2}$

longueur=0,40m, largeur=0,25m et hauteur=0,10m.

4.5.3. Les ouvrages de régulation (vannes, pertuis)

Les vannes de fonctionnelle manuelle facile à manipuler par les producteurs seront utilisées par assurer la régulation du niveau et du débit de l'eau du passage du canal principal aux canaux secondaires et du secondaire aux tertiaires. Pour ce fait les pertuis utilisés dite de surface sont dimensionnés à travers la formule suivante :

$$\mathbf{Q=m\times L\times h\times\sqrt{2g}}$$

avec m=0,37, g (pesanteur= 9,81) hauteur et L largeur (Kouamé, 2009).

Le tableau ci-dessous présente les différentes dimensions par bloc.

Tableau N°26 : Dimension des pertuis de surface sur les berges des canaux principaux

Bloc	Débit (Q) m3/s	m	Hauteur(h) (m)	Largeur(L) (m)
A	0,198	0,37	0,40	0,30
B	0,154	0,37	0,40	0,25
C	0,176	0,37	0,40	0,30
D	0,264	0,37	0,40	0,40

Source : Résultat étude 2010

Tableau N°27 : Dimension des pertuis de surface sur les berges des canaux secondaires

Bloc	Débit (Q) m3/s	m	Hauteur(h) (m)	Largeur(L) (m)
A	0,066	0,37	0,25	0,15
B 1, C et D	0,044	0,37	0,20	0,15
B 2	0,033	0,37	0,20	0,10

Source : Résultat étude 2010

Tableau N°28 : Dimension des pertuis de surface sur les berges des canaux tertiaires

Bloc	Débit (Q) m3/s	m	Hauteur(h) (m)	Largeur(L) (m)
A, B, C et D	0,006	0,37	0,10	0,10

Source : Résultat étude 2010

Il faut signaler que des tubes peuvent être utilisés en lieu de place des constructions, ainsi nous avons :

Tableau N°29 : Dimension des tubes des pertuis de surface

		A	B	C	D
Berges canal principal	Débit (Q) m3/s	0,198	0,154	0,176	0,264
	DN tube* (mm)	225	175	200	260
Berges canal secondaire	Débit (Q) m3/s	0,066	0,044/0,033	0,044	0,044
	DN tube (mm)	150	125/100	125	125
Berges canal tertiaire	Débit (Q) m3/s	0,006	0,006	0,006	0,006
	DN tube (mm)	75	75	75	75

* : c'est le diamètre nominal d'un tube AC de classe 12 et 18 qui donné à partir de l'abaque

4.5.4. Les ouvrages de franchissement (siphons inversés)

Au titre des ouvrages de franchissement, il sera question de la réalisation de **siphon inversé** qui permettent le passage des canaux à l'intersection des pistes rurales qui vont longer en générale les canaux secondaire, c'est-à-dire qu'elles ont un profil en long parallèle à ces canaux. Elles vont se croiser de façon perpendiculaire avec les canaux tertiaires et le canal principal de chaque bloc. Ces dernières sont dites pistes secondaires. Les pistes principales longent le canal principal et parcourent le bloc depuis la prise du canal primaire jusqu'à l'autre extrémité. Une largeur de 5 m est retenue pour l'ensemble de ces pistes.

Pour le dimensionnement des siphons inversés, la formule suivante est utilisée :

Surface canal=1,2 x Surface dalot (Kouamé, 2009**) et Surface dalot= h x l** où h est le mur en retour à parafouilles verticaux du siphon et l est la largeur.

En considérant la surface canal comme étant la section mouillée du canal nous obtenons les dimensions suivantes présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau N°30 : Design des siphons inversés au niveau du canal principal

Bloc	Surface canal (m^2)	Surface dalot (m^2)	Mur en retour (h) (m)	Largeur (l) (m)
A	0,33	0,275	0,65	0,40
B	0,28	0,233	0,60	0,40
C	0,29	0,242	0,60	0,40
D	0,41	0,342	0,65	0,50

Source : Résultat étude 2010

Pour ceux des canaux tertiaires nous proposons l'utilisation des ponceaux circulaires dont les dimensions sont les suivantes : surface section ponceau=0,01525 m^2 selon toujours la même formule, et le rayon Rd du ponceau=7,5 cm soit un diamètre de 15 cm.

4.5.5. Les robinets et les clapets

Les robinets et les clapets sont utilisés dans le cas du réseau d'irrigation fait par canalisation. Les robinets jouent le rôle de vannes et les clapets sont placés à l'entrée des parcelles. Aussi ces singularités sont utilisées au niveau du système de pompage le long des canalisations d'aspiration et du refoulement.

4.6.Design de la station de pompage

Ce design passe nécessairement par la détermination des paramètres suivants :

- ® Hauteur verticale de refoulement et d'aspiration (en mètre) ;
- ® Longueur linéaire à l'aspiration et au refoulement (en mètre) ;
- ® Diamètre intérieur de la canalisation horizontale (en mètre) ;
- ® Débit minimum désiré en m^3 par jour pendant la période de point ;
- ® Période d'utilisation de la motopompe par jour (en heure) ;
- ® Puissance de la pompe (en kilowatt) ;
- ® Rendement souhaité ;
- ® Vitesse au refoulement et à l'aspiration (m/s) ;
- ® Pertes de charges totales à l'aspiration et au refoulement ;
- ® Hauteur manométrique totale HMT (en mCE) ;
- ® Net Positive Suction Head (NSPH)/charge nette absolue à l'aspiration (mCE).

4.6.1. Calcul des besoins journalier de point (Bjp)

Suite aux calculs des besoins en eau des cultures aptes sur le site de Pensa, le mois de point où les besoins sont les plus élevé est celui de mars pour l'ensemble des cultures à l'exception du riz.

Nous optons de faire le design avec les autres spéculations que le riz puisque cette culture ne sera pas exploitée en saison, mais bénéficiera d'apport complémentaire en hivernage. Donc les besoins du mois de point (mars) sont de 3255,03m^3/ha pour en moyenne 30 jours, soit des besoins journalier de 108,50m^3/ha. En tenant compte de la superficie irriguée par jour au niveau de chaque bloc du site, nous avons les besoins journalier de point (Bjp) suivant consignés dans le tableau ci-après.

Tableau N°31 : Besoins journalier de point

Bloc	Superficie irriguée par jour en ha	Besoins journalier de point (Bjp) en m^3/jour
A	9	976,50
B	9	976,50
C	9	976,50
D	12	1302

Source : Résultat étude

Il ressort de l'analyse du tableau que les besoins journaliers de point sont liés à la superficie à irriguer, d'où un même Bjp pour les blocs A, B et C car ayant les même aires à approvisionner en eau par jour.

4.6.2. Débit mobilisé par jour par la pompe ou débit de pompage

La détermination de ce débit (Q) tient compte du temps de pompage journalier (t) qui est fixé à 10h dans notre cas. Il est obtenu par la formule :

$$Q = \frac{Bjp}{t}$$ tiré du cours de pompe de D.Zoungrana, 2007

Ce débit est consigné dans le tableau ci-dessus en fonction des blocs du site

Tableau N°32 : Débit de pompage par bloc

Bloc	Temps de pompage (t)	Bjp (m^3/j)	Q (m^3/h)	Q (m^3/s)
A, B et C	10h	976,50	97,65	0,0271
D	10h	1302	130,20	0,0362

Source : Résultat étude

4.6.3. Diamètre interne des canalisations de refoulement

Le calcul de ce diamètre interne (Di) de la conduite nous permet de choisir le diamètre nominal du tube de refoulement. Il est obtenu par la formule de BRESSE suivante :

$$Di = 1,5 \times \sqrt{Q}$$

Le tableau suivant présente ces diamètres internes par bloc.

Tableau N°33 : Diamètre de la conduite de refoulement par bloc

Bloc	Q (m^3/s)	Diamètre interne Di (m)	Diamètre interne Di (mm)	Diamètre nominal (mm)
A, B et C	0,0271	0,247	247	225
D	0,0362	0,285	285	250

Source : Résultat étude

Le diamètre nominal a été obtenu en prenant immédiatement le diamètre DN inferieur au Di calculé dans chaque cas.

4.6.4. Vitesse à l'aspiration et au refoulement

Ces vitesses choisies sont celles recommandées par Cédric Masson dans son article N°284 qui traite du dimensionnement des pompes, des vannes et des canalisations ; ce sont :

Tableau N°34 : Vitesse recommandée à l'aspiration et au refoulement par bloc

Bloc	Diamètre nominal (mm)	Vitesse à l'aspiration (m/s)	Vitesse au refoulement (m/s)
A, B et C	225	1,6	2,1
D	250	1,6	2,2

Source : Résultat étude

Il ressort que seules les vitesses au refoulement diffèrent au niveau des blocs.

4.6.5. Hauteur verticale à l'aspiration et au refoulement

Elles sont déterminées à partir des cotes, à laquelle la crépine de la pompe sera placée, celle de la position de la pompe et celle du bassin de réception où part le canal principal du système d'irrigation. Il faut signaler que ces valeurs surtout celles à l'aspiration vont subir des variations suite à la détermination de la profondeur à laquelle la crépine sera placé par rapport à la cote du fond de la retenue d'eau.

Tableau N°35 : Hauteur verticale ou géométrique à l'aspiration et au refoulement par bloc

Bloc	Cote fond du barrage	Cote position de la pompe	Cote emplacement du bassin de réception	Hauteur géométrique aspiration (m)	Hauteur géométrique refoulement (m)
A,	96,07	99,50	102,00	3,43	2,50
B	96,07	99,50	102,50	3,43	3,00
C	96,07	99,50	101,75	3,43	2,25
D	96,07	99,50	102,80	3,43	3,30

Source : Résultat étude

Le point le plus haut à dominer sur le site se trouve à la cote 102,80 dans le bloc D. nous optons de placer la pompe à la cote 99,50 qui correspond à celle du plan d'eau normal et assimiler au point le plus des versants des deux rives.

4.6.6. Pertes de charges totales à l'aspiration et au refoulement

Le calcul de ces paramètres de pertes de charges est très important et fait appel à plusieurs formules d'auteurs différents.

Pour la détermination du nombre de Reynolds (Re), l'expression suivant fut utilisée :

$$\mathbf{Re= \frac{4\times Q}{\pi\times \mu}}$$

avec V=vitesse, Q=débit mobilisé par jour μ=viscosité de l'eau

Dans le cours de L.MAR en 2003 la viscosité cinétique de l'eau à 15°C est de l'ordre de, $\mu=1{,}15.10^{-6} m^2/s$

Ce qui nous permet de calcul Re par section de la conduite.

Tableau N°36 : Nombre de Reynolds à l'aspiration et au refoulement par bloc

	Débit (m^3/s)	**Viscosité cinétique de l'eau μ (m^2/s)**	**Nombre de Reynolds Re**	**Régime d'écoulement**
Refoulement A, B et C	0,0271	$1{,}15.10^{-6}$	300 194	turbulent
Refoulement D	0,0362	$1{,}15.10^{-6}$	400 997	turbulent

Source : Résultat étude

Il ressort de l'analyse du tableau que le régime d'écoulement de l'eau dans les conduites est turbulent à l'aspiration et au refoulement car le nombre de Reynolds Re est supérieur à 50 000.

Singularité dans la conduite d'aspiration : Coude standard et Te de reduction1/2 et au refoulement seulement le Te de reduction1/2, qui ont chacun une longueur équivalente **Leq=7**,5m pour un diamètre tube de 250mm et Leq=6,75m pour un diamètre de 225mm, selon l'abaque de la figure proposée par PONT et MOUSSON en 1985 pour la détermination des longueurs équivalentes des singularités des conduites.

Darcy-Weisbach a exprimé les pertes de charges (Js) au niveau des singularités par la formule suivante :

$$\mathbf{Js = \frac{\lambda\times Leq\times V2}{D\times 2g}}$$

Avec λ coefficient de résistance, D diamètre de la conduite, V vitesse dans la conduite et g=9,81 (pesanteur). Nous déterminons **λ** à partir de la relation de Blasius dans le cas des conduites lisses pour les régimes d'écoulement turbulent : $\lambda=0,316.Re^{-0,25}$

Tableau N°37 : Pertes de charges des singularités à l'aspiration et au refoulement

	Bloc	Diamètre D (m)	Vitesse (m/s)	Longueur équivalente Leq (m)	Coefficient de résistance (λ)	Pertes de charges Js mCE
Aspiration	A, B et C	0,225	1,6	13,50	0,0135	0,106
	D	0,250	1,6	15	0,0126	0,0986
Refoulement	A, B et C	0,225	2,1	6,75	0,0135	0,091
	D	0,250	2,2	7,50	0,0126	0,093

Source : Résultat étude

Il faut signaler qu'il n'est l'introduction d'une singularité au niveau de la conduite de refoulement.

Pour le calcul des pertes de charges linéaires (J_l) des conduites nous utilisons la même formule de Darcy-Weisbach, consigné dans le tableau ci-après.

Tableau N°38 : Pertes de charges linéaires à l'aspiration et au refoulement

	Bloc	Diamètre D (m)	Vitesse (m/s)	Longueur linéaire (m)	Coefficient de résistance (λ)	Pertes de charges Jl mCE
Aspiration	A, B et C	0,225	1,6	123,43	0,0135	0,966
	D	0,250	1,6	123,43	0,0126	0,812
Refoulement	A	0,225	2,1	800	0,0135	10,788
	B	0,225	2,1	750	0,0135	10,115
	C	0,225	2,1	550	0,0135	7,417
	D	0,250	2,2	500	0,0126	6,216

Source : Résultat étude

Il ressort de l'analyse du tableau que les pertes de charges sont d'autant plus grandes que la distance linéaire au refoulement est importante.

Nous déduisons à partir de ces valeurs les pertes générales par bloc, qui correspondent à la somme des pertes de charges singulières et linéaires des conduites pour chaque bloc.

Tableau N°39 : Pertes de charges linéaires à l'aspiration et au refoulement

Bloc	Pertes de charges linéaires en mCE	Pertes de charges singulières en mCE	Pertes de charges générales en mCE
A	11,754	0,197	11,951
B	11,081	0,197	11,278
C	8,383	0,197	8,580
D	7,028	0,196	7,224

Source : Résultat étude

L'analyse montre que la position des bassins de réception des blocs A et B sont éloignés de leur station de pompage, ce qui explique des pertes de charges plus élevés que pour les autres.

4.6.7. NPSH disponible

La charge nette d'aspiration disponible, $NPSH_d$, représente les caractéristiques de l'eau et les dispositions géométriques de l'installation et se calcul par l'expression :

$$\mathbf{NPSH_d = -[hv + Jg + Hgéo + \frac{V2}{2g}]}$$ tiré du cours de D.Zoungrana, 2007

Avec $\mathbf{P_{atm}}$ la pression atmosphérique, $\mathbf{h_v}$ la tension de vapeur, $\mathbf{J_g}$ la perte de charges générales à l'aspiration, $\mathbf{H_{géo}}$ la hauteur géométrique à l'aspiration, **V** la vitesse à l'aspiration et **g** la pesanteur.

$\mathbf{h_v}$ la tension de vapeur à 20°C est de 17,54mmHg soit 0,239 mCE selon Gérard Copin-Montégud dans son cours de Physique et Chimie maritime, 2004.

$\mathbf{P_{atm}}$ =10,33mCE ; $\mathbf{H_{géo}}$ =3,43, V=1,6m/s

Le tableau ci-après présente le $\mathbf{NPSH_d}$ par bloc

Tableau N°40 : NPSHd disponible par bloc

Bloc	Pertes de charges générales à l'aspiration en mCE	$NPSH_d$ disponible mCE	$NPSH_r$ requis inférieur à
A, B et C	1,072	5,458	4,708
D	0,911	5,620	4,870

Source : Résultat étude

Le $\mathbf{NPSH_r}$ est obtenu avec l'expression $\mathbf{NPSH_d > NPSH_r}$ +0,75.

4.6.8. Hauteur manométrique totale HMT

Elle correspond à la différence de pression entre le point d'aspiration et de refoulement. Dans notre cas les orifices d'aspiration et de refoulement sont à la même pression atmosphérique. L'expression de calcul de la HMT est la suivante :

$$\mathbf{HMT = Hgéo + Ja,r + \frac{\Delta P}{\rho g}}$$ tiré du cours de pompe de D.Zoungrana 2007

Avec $\mathbf{H_{géo}}$ hauteur géométrique totale (aspiration+refoulement), $\mathbf{J_{a,r}}$ pertes de charges totales, $\mathbf{\Delta P}$ variation de pression qui est nulle.

La synthèse des HMT est faite dans le tableau ci-dessous par bloc.

Tableau N°41 : HMT par bloc

Bloc	$H_{géo}$ en m	$J_{a,r}$ en mCE	HMT en m
A	6,68	11,951	18,631
B	7,18	11,278	18,458
C	6,43	8,580	15,010
D	7,48	7,224	14,704

Source : Résultat étude

Il ressort de l'analyse du tableau que la HMT des motopompes destinées à l'approvisionnement de l'eau dans les canaux ou canalisation de la rive gauche est très élevée.

4.6.9. Rendement souhaité de la pompe

Au regard des différents paramètres obtenu précédemment nous souhaitons que le rendement ñ de la pompe soit au moins de 80%. **ñ =80%**

4.6.10. Puissance absorbée (Pa) de la pompe

Connaissant le débit (Q), la HMT et le rendement ñ de la pompe nous pouvons calculer la puissance absorbée par celle-ci en utilisant la formule suivante tirée du cours de pompe de D.Zoungrana en 2007 :

$$\mathbf{Pa = Q \times HMT \times \frac{d}{367.}}$$ avec d=densité de l'eau qui est l'unité

Les valeurs de Pa pour chaque sont représentées dans le tableau ci-après.

Tableau N°42 : Puissance absorbée par la pompe pour chaque par bloc

Bloc	Débit Q (m^3/h)	Rendement ñ	HMT en m	Puissance absorbée Pa en Kw	Puissance du moteur=Pa+20%Pa
A	97,65	80%	18,631	6,20	7,44
B	97,65	80%	18,458	6,14	7,37
C	97,65	80%	15,010	5,00	6,00
D	130,20	80%	14,704	6,52	7,82

Source : Résultat étude

La puissance moyenne des moteurs des différentes pompes est de 7,16Kw. Pour l'obtention de la puissance des moteurs, une majoration de 20% est faite afin de prendre en compte les pertes diverses de transmission, des conditions climatiques et de l'altitude.

4.6.11. Choix de la motopompe

A l'issu des caractéristiques de la pompe ci-dessus trouvées il souhaitable de disposer d'un moteur diesel car les rendements de celui-ci est plus élevé que les autres (essence), l'entretien

acceptable et le cout d'exploitation est plus faible. Les paramètres suivants peuvent être considérés :

- ♣ Nombre de cylindre : 6 en lignes ou 12 en V afin de minimiser les vibrations, les charges dynamiques transmises au mur dans le cas où la motopompe est placée dans une maisonnette ;
- ♣ Moteur rapide à 4 temps avec une vitesse de rotation comprise entre 1000 et 1500 tour/minute et une masse volumique de 5 à 12kg/Kw.

5. Discussions et analyses

5.1. Historique de l'irrigation en Afrique de l'Ouest

Les plaines d'irrigation des grands fleuves pérens, tels que le Niger, le Sénégal, le Nil, la Volta, le Zambèze etc. sont initialement à l'origine de l'irrigation en Afrique où des aménagements de grands périmètres d'irrigation ont été fait par les gouvernements. Ces grands aménagements étaient souvent gérés par l'administration ou des sociétés paraétatiques. C'est le cas de l'aménagement hydro-agricole de la vallée du fleuve Sénégal qui est le plus vieux projet (colonial) de mise en valeur des terres et des eaux en Afrique noire (L. Couture, 1999), marqué par de nombreuses étapes où une accélération notable s'est faite à partir de la fin des années soixante avec la sécheresse au Sahel et la création de I 'Organisation pour la Mise en Valeur de la vallée du Sénégal OMVS (structure de gestion des aménagements au Sénégal). Au Mali, l'irrigation est surtout développée en vallée du Niger avec 190 000 ha[2] aménagés en maîtrise totale ou partielle dont 80% par l'Office du Niger et Opérations Riz[3] et dans les bas-fonds du Mali-sud (Sikasso). Les Grands Périmètres Irrigués ont été réalisés par I'Etat colonial puis indépendant. Il s'agit de l'Office du Niqer, crée en 1932 sur le modèle de la Gezira, avec aujourd'hui plus de 60 000 ha dans le delta mort du Niger et près de 5000 familles d'agriculteurs (CTA, 1997 cité par J. Couture en 1999).

La gestion de ces périmètres dans la sous région n'a pas donné des résultats satisfaisants aux yeux des partenaires financiers et des bénéficiaires et cela a conduit à la création de périmètres villageois On appelle « petit périmètre villageois »[4] : tout aménagement

2 Fiche de la vallée du Niger CTA 1997
3 Office du Niger et Opération Riz sont des projets mise en œuvre dans la vallée du fleuve Niger au Mali
4 Définition donné dans la Note de synthèse de l'Initiative Conseil International sur l'Entretien des Infrastructures hydrauliques de petite Irrigation, 2008

hydraulique à vocation agricole qui, par ses dimensions au niveau de l'exploitation et de la gestion, constitue une unité culturale maîtrisable par une communauté rurale d'intérêts commun en vue de la promotion de la petite irrigation, parfois privée ou avec la participation des usagers. Là aussi, beaucoup de périmètres ont dû être réhabilités faute d'entretien des infrastructures et de renouvellement des équipements de pompage. En complément, depuis une vingtaine d'années, on a commencé à mettre en valeur les bas-fonds, dans tous les pays d'Afrique de l'Ouest. Les sols y sont souvent plus fertiles et mieux alimentés en eau.

Une plus grande participation des populations a été alors requise dans la réalisation et la gestion de ces terres aménagée.

5.2.Historique de l'irrigation au Burkina Faso

Dans le cadre de sa politique nationale en matière de lutte contre la pauvreté et d'amélioration de la sécurité alimentaire, le Burkina Faso autre fois Haute Volta a entrepris la réalisation de retenue d'eau et/ou de barrages depuis les années 1930. Le pays fait souvent figure de modèle pour les autres pays sahélo-soudaniens, avec près du millier de micro-barrages réalisés (souvent en terre et gabions) et équipés de Petits Périmètres Irrigués à l'aval ; ceci dans le cadre d'une politique nationale d'autosuffisance alimentaire et d'augmentation de la production agricole. Les bassins de la Comoé font l'objet d'une pluralité d'aménagements**,** petits ou grands, rizicoles, plantations de canne à sucre, maraîchers et fruitiers dont les besoins en eau sont différents voire inconciliables. La ville est aussi consommatrice. L'usage de l'eau dans la réalisation de périmètres irrigué est la principale cause de ces réalisations.

En effet, la maîtrise de l'eau au Burkina Faso pour les aménagements de périmètres irrigués est développée sur 45 000 ha dont 15 430 ha en maîtrise totale ou partielle, c'est le cas de ceux du Sourou, de la vallée du Kou, des plaines de Douna ; 9000 ha en bas-fonds aménagés et 21400 ha pour les autres bas-fonds, avec une dominante rizicole prononcée soit 78% des surfaces (J.L. Couture 1999).

Les bas-fonds ont fait l'objet de nombreux petits aménagements (digues filtrantes, seuils déversant rizicoles) à l'instar des pays voisins mais ils provoquent souvent des phénomènes d'exclusion en particulier pour les groupes sociaux dominés n'ayant pas de garanties foncières (femmes, nouveaux arrivants, éleveurs, cadets).

L'amélioration des démarches d'identification et de diagnostic peut permettre d'y pallier en saisissant mieux les enjeux et conflits autour des ressources et de leurs usages dans les bas-fonds, espaces socialisés, déjà appropriés et aménagés, ce pourquoi les intervenants du

développement sont de fois mal armés, alors qu'ils provoquent nombre d'effets pervers (Lavigne-Delville 1998).

5.3. Analyse des aspects technique du périmètre

5.3.1. Besoins en eau

Ces besoins ont été calculés en tenant compte de plusieurs paramètres, à savoir : le type de sol, la réserve utile (RU) du sol, la profondeur racinaire des cultures qui seront exploitées, la vitesse maximale d'infiltration de l'eau dans le sol et la superficie irrigable quotidiennement.

Le choix d'un type de sol représentatif de l'ensemble chacun des blocs a été guidé par les contraintes de celui-ci. En fait, sur les différents types de sols identifiés dans les différents blocs, celui qui présente plus de contraintes en termes d'exigence en eau fut choisis. C'est ainsi qu'au niveau de la rive gauche le sol argilo-limoneux et argileux pour la rive droite fut ciblé. La profondeur racinaire de la tomate est la plus grande par rapport à celle de l'oignon, du chou, du maïs et du riz. L'infiltration de l'eau fut associée à la réserve utile des sols, ce qui explique l'obtention des RU élevées et par conséquent augmentant la fréquence d'apport d'eau à ces sols. Les études préliminaires effectuées sur le même périmètre en 2005 par le consortium BERA-EMERGENCE-AC3E, avaient obtenu le même résultat de 3 jours comme cycle d'irrigation. Ceci nous permet d'aboutir à un cycle d'irrigation très court de trois jours.

Ces besoins tiennent compte du type d'apport envisagé sur le périmètre : l'irrigation d'appoint est spécifique au riz en saison pluvieuse dans le but d'apporter une petite quantité d'eau aux cultures de riz pour pallier à l'insuffisance de précipitations pour permettre au plants de poursuivre correctement leur cycle de développement. L'irrigation pérenne est destinée aux cultures de contre saison comme le maïs, l'oignon, le chou et la tomate.

5.3.2. Choix du mode d'irrigation et de distribution

© **Choix du mode d'irrigation**

Le mode d'irrigation va imposer de nombreuses contraintes dont la régulation des canaux doit tenir compte (P.ROUSSET, 2003).

Sur le périmètre de PENSA, notre choix a porté sur **l'irrigation gravitaire** avec pour préférence l'irrigation à la raie où l'eau est apportée par ruissellement dans des sillons séparés d'une distance maximum de 0,6 m ; mais au préalable un nivellement du sol est fait. Ce mode de distribution est préconisé pour l'ensemble des cultures de contre saison (maïs, oignon, chou, et tomate) et aussi en tenant compte de la pente du terrain qui est de 1,5%.

La culture du riz en saison pluvieuse sur le site nécessite un autre mode d'irrigation qui est l'irrigation par bassin. Par ce mode l'eau est apportée sous forme d'une nappe dans un bassin (qui peut être cloisonné) aménagé sur un sol nivelé.

Pour l'un ou l'autre, un débit minimum est nécessaire pour conduire l'eau efficacement dans les champs, c'est ce que l'on appelle la main d'eau dont la valeur retenue est de 10l/s. Il faut signaler que l'irrigation par bassin (le riz) nécessite une période de fort débit pour la préparation des lits de semis et la mise en boue.

Ces modes d'irrigation nécessitent la réalisation d'ouvrages de conduites dont leur dimensionnement prend en compte tous ces paramètres évoqués.

Les canaux de distribution seront en béton fini afin de facilité la circulation de l'eau jusqu'aux parcelles. Certes, cela nécessite un coût mais pour des questions de durabilité, d'efficacité et efficience du transport de l'eau il est souhaitable ; n'empêche que ce type de canaux présentent certains inconvénients en constituant un obstacle à la circulation en tête des parcelles et en risquant d'être souvent endommagés par le passage des matériels de culture tel que les tracteurs lors des labours. Ceci fut révélé dans l'article de Deltour à Montpellier en 2003 qui fessait cas de la régulation des réseaux d'irrigation gravitaire. Tarky et *al*, 2004 ont identifié ce type de problème lors d'un diagnostic dans les pratiques d'irrigation gravitaire des aménagements de Gharb au Maroc.

Pour pallier à cette contrainte de circulation de l'eau en tête de parcelle des vannes manuelles sont prévues, leur installation est précédée d'un étanchement des canaux où des pertuis de surface sont conçus selon les débits de sortie. Ces vannes ne sont pas présentes uniquement à l'entrée des parcelles mais au niveau des canaux, ceci dans le but d'alimenter successivement les différents biefs des canaux et aussi pour les prises latérales pour alimenter les bassins et les rigoles. A l'intérieur du canal primaire des seuils sont prévus pour une régulation du débit avec l'arrivée au niveau des différentes vannes.

Dans le cas de l'irrigation à la raie, une fois l'eau est livrée à la parcelle, sa répartition constitue un autre problème à solutionner et plusieurs dispositifs peuvent être utilisés : les siphons, le semi-californien, la gaine souple et autre. Il sera préconisé la réalisation de petit système californien car plus simple à manipuler par les producteurs surtout ceux du sahel du Burkina Faso.

© **Choix du mode de distribution.**

Le tour d'eau est le mode de distribution conseillé, raison pour laquelle les différents blocs sont découpés en des blocs tertiaires avec des quartiers hydrauliques de 1,5ha dont le nombre de trois (3) à six (6) varient d'un bloc à un autre. Chaque bloc tertiaire est alimenté en continu avec un débit qui est fonction du nombre de quartier hydraulique, pendant une période de temps déterminée, et chaque agriculteur à l'intérieur de ce bloc dispose de tout le débit à tour de rôle.

Cependant le mode de distribution à la demande est préconisé pour le cas du riz, où les producteurs sont tenus en fonction des précipitations de formuler la demande d'apport complémentaire d'eau.

5.3.3. Le système de pompage

Le choix du système de pompage proposé à l'issue du design prend en compte un certain nombre de caractéristiques hydrauliques de l'installation à savoir le débit journalier, la hauteur manométrique totale et mais aussi des conditions particulières d'utilisation. Quant au design les paramètres comme la hauteur verticale d'aspiration et de refoulement en mètre, la longueur horizontale, le diamètre intérieur de la canalisation horizontale et le temps de fonctionnement journalier de la pompe ont été prises en compte.

Les HMT obtenus lors du design semblent être élevée, ceci s'explique par la distance horizontale à l'aspiration estimée à 120m et au refoulement variant entre 500m et 800m. La pompe sera placée à 120m de la conduite verticale d'aspiration. Pour des questions pratiques et aussi pour éviter le bouchage rapide du système d'aspiration, il sera aménagé un petit puits creusé à une profondeur de 0.75m à partir de la cote inférieure 96,50 du fond de l'eau, de forme carré de 1 m de coté et d'une hauteur totale de 4,18m (3,43+0,75). La conduite horizontale de l'aspiration est supportée par une grille métallique de 120m de long et 1m de large. Ce puits peut être fait en maçonnerie bien dosé en ciment.

La station de pompage implanté à la côte 99,50 où une maisonnette devra être aménagée à ce sujet. Le choix du moteur de la pompe étant proposé en tenant compte des effets de vibration de celle-ci sur les murs de la maisonnette, n'empêche d'accordé une attention particulière sur la qualité de la maçonnerie de celle-ci.

La puissance du moteur diesel proposée pour l'alimentation des pompes est inférieure à l'équivalence dans le cas d'une alimentation par les modules solaires photovoltaïques : pour ce fait il fallait une puissance d'au moins 20kw au lieu de 8kw au maximum avec les moteurs

diesels. Le constat fut fait par les travaux de T.KY en 2007 sur le dimensionnement des pompes par un système photovoltaïque. T.KY constate par exemple qu'avec une puissance de sortie de 175 watts environ, une moto-pompe débite 6m^3 à l'heure à 2 mètres de HMT (hauteur manométrique totale), 2m^3 à 5 mètres, et 0m^3 pour les autres hauteurs. Avec une puissance de 400 watts, on obtient 13m^3 à 2 m; 10m^3 à 5 m; 7m^3 à 7 m; 5.5m^3 à 9 m; 4m^3 à 11 m; 2 m^3 à 13 m et enfin 0m^3 à 13m.

L'installation des systèmes photovoltaïques pour alimenter les pompes en énergie ne coût pas chère, mais l'entretien peut s'élever à près de 40% de ce cout (B.U.OUEDRAOGO, 2006) rendant ainsi ce système plus chère que les moteurs diesel.

5.4. Management local du périmètre irrigué de PENSA

5.4.1. Gestion, maintenance et entretien des infrastructures hydrauliques et de pompage

5.4.1.1. Gestion des infrastructures hydrauliques

Structure de gestion

La mise en place d'infrastructure d'irrigation s'accompagne impérativement de la mise en place d'une structure de gestion, qui l'organe représentatif de l'ensemble des exploitants qui gère au jour le jour le bon fonctionnement du périmètre d'irrigation.

La mise en place d'une telle structure avec des statuts bien définis permet de réguler les conflits d'usagers, l'adéquation entre les intérêts individuels et le caractère collectif de certaines infrastructures, les stratégies de suivi et d'entretien des équipements.

L'expérience a montré que le dynamisme des différentes structures de gestion des périmètres irrigués est insuffisance. En fait, ces structures généralement appelé « comité de gestion des périmètres irrigués » ne respectent pas à la lettre les textes de leur structure. Parmi les contraintes rencontrés il y a l'insuffisance de rapportage au sein de la structure, le non respect des cotisations des membres, la mauvaise gestion des fonds de l'organisation.

Pour le cas de PENSA, il est souhaite de renforcer les capacités des différentes organisations paysannes sur place sur la gestion communautaire des biens et mettre en place une nouvelle structure de gestion des aménagements par bloc. Ces structures doit être autonome des autres organisations sur le périmètre.

5.4.1.2.Maintenance et entretien des infrastructures hydrauliques et de pompage

Selon la FAO, 2007, chaque année, les surfaces aménagées abandonnées à cause du mauvais entretien sont égales aux surfaces nouvellement aménagées. Les petits périmètres n'échappent malheureusement pas à cette loi. Partant de ce constat la problématique de l'entretien des infrastructures de petite irrigation doit être mise en débat dans toutes ses composantes auprès de l'ensemble des acteurs concernés : intervenants, responsables d'associations d'irrigants, acteurs institutionnels, autres usagers de l'eau.

La maintenance se définit comme étant l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer en mesure d'assurer un service déterminé (ICI, 2008). Elle a donc pour vocation d'assurer à un aménagement la pérennité de son fonctionnement normal en vue de la réalisation de l'objectif qui lui est assigné, entre autre le maintient du potentiel d'économie d'eau et éviter le gaspillage.

Au titre des principaux problèmes relatifs à l'entretien du système d'irrigation, on retiendra :

- l'état défectueux des régulateurs de pression (station de pompage surtout);
- les fuites dans les tuyauteries d'adduction d'eau (jointure des tubes et travaux de labours surtout peuvent à l'origine);
- l'état défectueux des canaux (ordures jetées dans les canaux, autres matériaux) et des raies (bloquée par endroit par des mottes de terre).

Ces éléments conduisent notamment à une réduction de la durée de vie du matériel, une dérégulation de l'uniformité spatiale de la répartition d'eau, une surconsommation d'eau, des problèmes de distribution d'eau (qui peuvent pénaliser les exploitants situés en extrémité du système d'adduction) et des conflits d'usagers.

Pour pallier à ces problèmes, il faut dès lors :

- ♣ entretenir le réseau d'irrigation à travers un remplacement des joints (canalisation) et des bétons endommagés et/ou colmater les fissures (canaux) ;
- ♣ entretenir les berges des canaux ;
- ♣ entretenir des ouvrages de stockage cas des bassins de réception par un nettoyage et ou un curage ;
- ♣ observer de façon continue l'état des infrastructures et du matériel ;
- ♣ planifier les opérations de maintenance;
- ♣ budgétiser le coût des opérations ;

La mise en œuvre des actions ci-dessus évoquées nécessite l'existence d'une structure de gestion du périmètre bien outillé sur tous les plans (équipement, compétence et financier). Dans sa note synthétique de 2008, l'Association Régionale de l'Irrigation et de Drainage de l'Afrique de l'Ouest et du Centre signale que la non budgétisation du coût et la non planification routinière de l'entretien des infrastructures et des systèmes constituent généralement un frein au développement de ces techniques.

Ceci nous amène se demander comment organiser la maintenance ? Nous tenterons de répondre à cette question dans le point suivant.

5.4.1.3. Organisation de la maintenance et entretien des infrastructures hydrauliques et de pompage

L'organisation de la maintenance passe nécessairement par la réponse aux interrogations suivantes:

- ⇨ quelles structures pour quelles fonctions ?
- ⇨ quels moyens matériels, stockés ou non, mobiles ou fixes, intégrés au service ou extérieurs à lui ?
- ⇨ quel financement ?
- ⇨ quelle formation des intervenants pour quelles responsabilités ?
- ⇨ quel suivi-évaluation ?
- ⇨ quel est l'état physique de l'aménagement à savoir l'adaptation aux performances prévues ?
- ⇨ quel coût réel de fonctionnement du système et de sa maintenance ?
- ⇨ quel est le taux de défaillance de chaque composant et de l'ensemble ?
- ⇨ quel est le niveau de satisfaction des usagers et de difficultés rencontrées ?

La réponse à ces questions doit permettre d'éviter sur le site de PENSA certaines négligences classiques constatées sur les périmètres irrigués :

© *en entretien courant sur les réseaux d'irrigation*

Il est courant de rencontrer que les prises d'eau ne sont pas dégrillées, les vannes de régulation sont bloquées soit par absence de graissage ou dérouillage, la présence de fuites à travers un remblai, des canaux secondaires et ou tertiaires fortement envasés, déchaussements du perré maçonné du talus amont des digues de barrages etc.

© *en entretien courant sur les réseaux de drainage*

Ces réseaux de drainage sont rarement entretenus du fait d'une utilité qui n'apparaît pas immédiatement mais seulement à l'occasion d'évènements exceptionnels (fortes pluies ou crues) ou à long terme (remontée de la nappe, salinisation).

© *en entretien courant des équipements de pompage*

On constate une rareté des vidanges, l'utilisation des huiles de mauvaise qualité, mauvaise position de la machine en pente d'où mauvaise lubrification, mauvaise position de la crépine d'aspiration qui se bouche ou qui aspire de l'air, mauvaise qualité du gas-oil, l'absence de filtre et mélange d'eau, absence de bol de décantation pour éliminer l'eau,…

5.4.1.4. Fonction de la structure de gestion à mettre en place pour la maintenance et l'entretien des infrastructures hydrauliques et de pompage

L'entretien des infrastructures suppose en premier lieu la mise en place d'institutions fonctionnelles pour la gestion du périmètre comme évoqué dans les points ci-dessus (comité de gestion du périmètre). Les fonctions ci-après lui doivent être assignées :

- ⊗ assurer la mobilisation de la force de travail et des moyens financiers nécessaires pour les réparations et l'entretien régulier ;
- ⊗ éviter les pratiques individuelles aboutissant à la dégradation du réseau (brèches dans les cavaliers, barrages dans les canaux provoquant des débordements) ;
- ⊗ garantir une répartition de l'eau entre les différents irrigants n'aboutisse pas à faire passer des débits excessifs dans certains canaux ;
- ⊗ former les membres de l'organisation en maintenance des motopompes afin de réduire les dépenses résultants de prestataires extérieurs, puisque la durée de vie de ces équipements est réduite par rapport à la normale.

5.4.1.5. Gestion économique des infrastructures hydrauliques et de pompage

❖ *Place de l'irrigation dans les systèmes de production*

Le contexte du projet en charge de cet aménagement hydro-agricole va au-delà des aspects simplement de survie des actions de production de ce périmètre de PENSA, avec une ambition de développement socio-économique de la zone en passant évidement par les exploitants.

Certes les parcelles paysannes sont dimensionnées à 0,25ha, mais cela n'est une raison pour que ces derniers ne soient pas engagés afin d'assurer une pérennisation du périmètre. C'est vrai qu'il arrive qu'on s'interroge de sorte : *« comment demander à un exploitant d'investir du temps pour une parcelle de 0.25 à 0.30 ha alors qu'il néglige souvent son tour d'eau par manque de temps : ceci pose les limites de l'action participative » (F.DUGAUQUIER et al, 2008).*

L'analyse de cette question nous conduit à dire que comme tout investissement, cela demande des sacrifices et la motivation à investir dans l'infrastructure et l'organisation de gestion demande :

- que les paysans aient des perspectives à long terme : c'est le cas de la sécurisation foncière. En fait, les responsables du projet doivent développer une stratégie permettant de garantir une sécurité de l'exploitation du producteur, de sorte que ce dernier puisse disposer d'un titre foncier, document lui permettant de pouvoir faire des investissements en cas besoins de financement auprès d'une institution financières;
- que l'eau soit suffisamment rare pour qu'ils soient motivés à investir en temps et en travail dans l'organisation et l'infrastructure ; le site de PENSA est dans cette situation et dans les normes l'importance accord à l'aménagement est capitale ;
- que la production en irrigation soit centrale dans le système de production locale : le site répond déjà à cette condition, car il se trouve dans une zone sahélienne ou la production des cultures de contre saison est rare avec un profit considérable.

Donc la place à donner ce type de production agricole par maitrise partielle ou totale de l'eau en tout et en toute période doit être renforcé à travers des actions de sensibilisation des actions de démonstration de la part du projet initiateur des aménagements.

❖ *Redevance eau*

La redevance eau est comparable à une taxe sur l'eau distribuée aux producteurs du périmètre qui représentent la contribution des exploitants aux frais de fonctionnement et amortissement du périmètre irrigué. Elle est différente des cotisations issues des membres des différentes structures de gestion existantes sur le site et en particulier celle chargée de la gestion des infrastructures hydrauliques et de la station de pompage. Elle sera fixée de façon raisonnable en fonction des paramètres de l'unité de surfaces mise à la disposition de chaque producteur.

Une stratégie adéquate sera mise en place afin de faciliter la récupération de ces redevances par la structure de gestion. En fait, cette redevance peut être versé en espèce par l'exploitant ou en nature à travers la fixation d'un cota pouvant atteindre les 10% de la production de l'exploitant. Pour la seconde initiative, un système d'écoulement des produits agricoles issus de ce périmètre doit être développé.

Les fonds issus de cette redevance eau sont censés assurer la maintenance et l'entretien des infrastructures hydrauliques et de la station de pompage du périmètre.

Comme toute gestion de fonds, celle-ci peut être mal gérée. Pour éviter cela il faudra mettre en place une stratégie de gestion simplifiée qui consiste à:

- conserver les redevances collectées dans un compte séparé du fond de roulement ;
- enregistrer tous les mouvements d'argent pour présenter en assemblée générale le bilan des comptes redevance/eau.

5.4.1.6. **Gestion sociale ou participative de la maintenance**

Selon plusieurs auteurs du domaine (JULIE GUILLAUME, 1997 ; J.HECQ et *al*, 2008) suite à des diagnostics institutionnels et organisationnels de structures de gestion des ouvrages hydrauliques, ont proposée cette stratégie de gestion dite gestion sociale de l'eau. Dans ce cas un système d'irrigation est considéré comme une construction technique et sociale pour laquelle les irrigants définissent collectivement :

- les normes d'accès et de distribution de l'eau, ainsi que les droits et obligations que tous doivent respecter pour conserver l'accès à la ressource en eau (travaux collectifs d'entretien, participation aux réunions, paiement de la redevance etc.) ;
- une infrastructure physique qui réponde aux normes établies et à la gestion de l'eau définie de manière collective ;
- un type d'organisation capable de veiller au respect des normes établies (l'autorité hydraulique).

Le suivi de cette stratégie permettra d'assurer une maintenance conséquente des infrastructures en place et aussi d'avoir une structure de gestion dynamique et efficace puisqu'elle travaillera sur des bases participatives défissent par l'ensemble des exploitants sur le site.

5.4.2. Les activités de renforcement des capacités locales

Pour la réussite des actions qui seront menées dans ce projet sur le périmètre irrigué de PENSA, il s'avère nécessaire de responsabiliser les producteurs et de renforcer leurs capacités à travers des formations spécifiques.

5.4.2.1.Organisations des producteurs

La mise en œuvre des actions qui seront identifiées et retenues nécessite une parfaite structure et coordination des organisations existantes et celles à venir comme le comité des irrigants, et les différentes coopératives des producteurs.

® *Types d'organisation à promouvoir ou à consolider*

Au titre de ces organisations à consolider nous avons : les comités villageois de développement présents dans chaque village, l'organisation sociale traditionnelle, les groupements et les associations des producteurs.

Le comité d'irrigant ou la structure de gestion des infrastructures hydrauliques et de pompage, le comité de gestion du périmètre incluant l'ensemble des acteurs (producteurs, partenaires) et les différentes coopératives de producteurs, constitue la liste des organisations à promouvoir sur le site.

Il s'agit ici du transfert de compétences techniques en gestion des ressources hydrauliques, des produits issus de la production agricole du site, aux organisations sus-cités. Cette activité est une activité d'accompagnement par la formulation claire de règles régissant le système d'organisation et le fonctionnement de ces organisations. Il s'agit de conférer tous les pouvoirs aux différents comités et coopératives présents sur le site aménagé de PENSA. Ceci se concrétise par une restructuration de certaines organisations avec des formations en conséquence.

® *Rôles des différentes organisations à promouvoir ou à consolider*

- **Les organisations à consolider**

- le CVD

Le CVD est l'organe suprême de tout village. Le Décret N°2007-032/PRES/PM/MATD précise les attributions et fonctionnement de l'organe. En fait, le CVD a en charge d'assurer l'orientation et la coordination des actions de développement à l'échelle du terroir de tout village. Il est chargé d'assurer la gestion des infrastructures communautaires, des infrastructures hydrauliques, des forêts villageoise, des pâturages, de la faune et en générale des ressources naturelles du terroir.

Il convient donc de renforcer les capacités de cette structure par des formations spécifiques afin qu'il puisse jouer pleinement son rôle notamment dans la mise en œuvre des actions d'aménagement du site de PENSA.

- l'organisation sociale traditionnelle

La société traditionnelle de chaque village couvert par le projet est organisée autour :

- d'un chef de terre : c'est la plus grande autorité traditionnelle du village, il est le gage de tradition, participe aux règlements des différents problèmes surtout en matière de gestion foncière et procède enfin aux principaux rites et coutumes
- d'un chef de village et chef de quartiers : le chef de village est de fois le chef de terre dans certaines localités assure ainsi les deux fonctions de responsable coutumiers et représentant du village.

Le renforcement des capacités de ces pouvoirs est nécessaire voir obligation car leur rôle est très important dans la gestion de ces aménagements hydro-agricoles car ayant leur avis est très important dans la sécurisation foncière.

- les groupements et les associations villageoises

Ils constituent les principaux acteurs de la vie économique de chaque village. On distingue dans chaque village des organisations masculin et féminin, ce qui veut dire que l'aspect genre dans le processus de développement de chaque village est bien pris en compte par la population. Ces structures doivent être consolidées par des formations en gestion des crédits, en organisation, en vie associative afin de donner plus de dynamisme au village et promouvoir son essor économique.

- **Les organisations à promouvoir**

- le comité des irrigants (CI)

Le comité des irrigants est une structure spécialisée dans la gestion des infrastructures hydrauliques et de pompage du périmètre irrigué. Cette organisation aura en charge la maintenance et l'entretien de ces infrastructures. Elle doit assurer la collecte des redevances eau sur le site. Les membres de ce comité doivent être déchargée de toute activité de production agricole sur le site, de sorte qu'ils puissent installation une organisation efficace et efficience de la maintenance des ouvrages du périmètre. Ce comité doit être reconnu officiellement. Le profit des membres de cette organisation doit être tiré des ressources engrangées à travers son organisation.

- Les coopératives des producteurs (CP)

Pour une professionnalisation des producteurs, il est souhaitable de mettre en place des coopératives spécifiques à chaque spéculation. Ainsi sur le site on aura : la coopérative des producteurs d'oignon, la coopérative des producteurs de tomates, la coopératives de producteurs de chou, la coopérative des producteurs de maïs et la coopérative des producteurs de riz.

Chaque coopérative aura charge le suivi des activités de production de sa spéculation, à savoir l'organisation de l'acquisition des intrants (semences, engrais, produits de traitement phytosanitaire), des travaux de labours ou de préparation des lits de semis, d'entretien et de récolte. Aussi la coopérative bénéficiera de formations en technique de commercialisation, ce qui la permettra d'écoulé facilement leur production.

- un comité de suivi et de gestion du périmètre irrigué (CSGPI)

Cette organisation aura pour tache la gestion et le suivi de l'ensemble des aménagements du site (rive gauche et rive droite). C'est l'organe suprême de gestion qui a en son sein des représentants des deux organisations ci-dessus évoqués et des représentants des partenaires techniques et financiers du site. Le suivi et la gestion constitue sa principale mission.

5.4.2.2.Les formations

Il s'avère nécessaire de réalisée des formations spécialisées au profit des populations bénéficiaires en vue d'un accompagnement de l'exécution des actions de ce projet d'aménagements hydro-agricole. Ceci dans le but de renforcer leur capacité et compétences endogènes. Elle répond également au problème lié à l'insuffisance de connaissances en vie associative ou en gestion des Organisation Paysanne. Il s'agit d'organiser des sessions de formation sur des thèmes spécifiques afin d'apporter beaucoup d'éclairage sur les lois qui régissent la création et le fonctionnement des organisations paysannes, des structures de gestion de l'eau, toutes natures confondues. Les thèmes aborderont aussi les questions de mobilisation des ressources humaines et financières ainsi que le leadership et l'organisation des groupes.

Quelques thèmes de formations sont proposés dans le tableau ci-après.

Tableau N°43 : Synthèse des formations

Thèmes de formation	Public cible	Résultats attendus	Durée	Approche méthodologique
Organisation, fonctionnement, gestion humaine financière et matérielle/passation de marché	Bureau CVD, CP, CI, CSGPI	○ les techniques de passation de marché sont maîtrisées ○ le CVD, CP, CI, CSGPI fonctionnent bien et sont bien organisées	5 jours	- échanges théoriques - cours théoriques - cas pratique
Communication et gestion des conflits	Bureau CVD, CP, CI, CSGPI	○ les conflits sont aisément résolus ○ les conflits sont réduits ○ l'information circule bien, la concertation est faite	5 jours	- voyages d'échanges - échanges/débats
Planification/suivi évaluation des actions	Bureau CVD, CP, CI, CSGPI	○ plans annuels d'actions élaborés par les populations sans assistance ○ suivi évaluation des activités se fait aisément	5 jours	- échanges théoriques - Cours théoriques - Cas pratique
Recherche de partenaires/montage de dossiers de micro projets	Bureau CVD, CP, CI, CSGPI	○ le montage des dossiers de microprojet est maîtrisé ○ la technique de recherche de partenaires est maîtrisée	5 jours	- échanges théoriques - cours théoriques - cas pratique
Recherche de financement	Bureau CVD, CP, CI, CSGPI	○ la technique de recherche de partenaire financier est maitrisée	5 jours	- échanges théoriques - cours théoriques - cas pratique
Maintenance et entretien des ouvrages hydrauliques	Bureau CI, CSGPI	○ l'entretien des canaux, des ouvrages annexes et de la station de pompage est maitrisé	5 jours	- échanges théoriques - cours théoriques - cas pratique

5.5.Aspects de durabilité de l'aménagement hydro-agricole de PENSA

La pérennisation d'un aménagement hydro-agricole suppose évidemment une rentabilité des filières de production, et des actions d'amélioration de l'environnement des filières. Ce sont également des mesures qui doivent permettre un meilleur fonctionnement des périmètres irrigués à long terme, d'où l'importance de la mise en place d'une stratégie adéquate qui prend en compte ces aspects évoqué et surtout d'autonomisation et de responsabilisation des organisations paysannes bénéficiaires.

5.5.1. Stratégie de mise en valeur de l'exploitation du périmètre

La mise en valeur des périmètres irrigués est une étape ou phase très importante dans le succès de l'aménagement hydro-agricole. L'encadrement des exploitants, l'approvisionnement en intrant des producteurs, l'écoulement des produits agricoles issus de

la production des différentes spéculations, et la protection des filières de production présentes sur le site sont entre autres les points importants de cette stratégie.

➢ *encadrement des exploitants*

C'est une composante importante dans le succès de l'exploitation de périmètre irrigué, car il permet d'outiller les producteurs bénéficiaires de compétences nécessaire pour ne exploitation efficiente et efficace. En effet, il consiste à l'appui conseil des exploitants du périmètre de PENSA. Cet appui porte essentiellement sur les techniques culturales à appliquer sur le périmètre en vue d'atteindre les productions excontées par les différentes spéculations en place. Au titre des techniques, nous pouvons énumérer quelques unes :

- **la préparation des lits de semis** : c'est une étape importante dans la production agricole, car elle constitue le point de départ du développement végétatif d'une culture et nécessite que le sol soit préparé avec attention afin de faciliter la germination rapide et aussi le développement racinaire. Elle est suivie de la préparation des pépinières ou des semis dans le cas des semis directs.
- **le repiquage et ou le démariage** : le repiquage intervient dans le cas où il y a eu la préparation d'une pépinière où s'est effectué les semis des grains des spéculations en questions et consiste à la plantation des plants issus de la pépinière sur les parcelles préparées à les recevoir ; c'est là que la culture assurera le reste du cycle de développement végétale. Quant au démariage, il est effectué s'il y a eu semis direct et consiste à trier les plants faibles en termes de développement végétatif et laisser les plus vigoureux poursuivre leur cycle. Mais là il n ya pas changement de parcelle.
- **l'entretien des cultures** : le sarclage et le sarclobinage sont les deux types d'entretien manuel. Il peut être chimique avec l'utilisation des herbicides pour limiter le développement des mauvaises herbes perturbant le développement normale des cultures. Leur utilisation nécessite une maitrise des techniques de dosage et de manipulation des appareillages en passant par les périodes de traitement qui ne font de façon aléatoire.
- **la fertilisation des cultures** : la maitrise des périodes d'apports d'engrais organique et ou minéral, le choix de la bonne qualité de ces intrants est un facteur important dans la productivité des spéculations et les exploitants doivent maitriser ces techniques.
- **les traitements phytosanitaires des cultures** : comme toutes spéculations agricoles, l'attaque par les insectes ravageurs ou piqueurs suceurs et autres peut influencer sur le rendement des spéculations. De ce fait, des traitements adéquate avec des produits

comme les insecticides est nécessaire. Pour leur réalisation par les exploitants un encadrement savoir nécessaire.

- **la récolte** : la période de récolte des cultures se fait en tenant compte de la maturité des produits agricoles, et la maitrise de cette maturité pour certaines spéculations n'est facile et nécessite un appui de la part des techniciens.
- **les techniques de concertations et de transformations si possibles** : les conditions climatiques de la zone font que des renforcements de capacités des producteurs à la conservation et à la transformation s'avèrent nécessaire.

La maitrise de l'ensemble de ces techniques évoquées ci-dessus est capable pour une bonne valorisation des aménagements du site de PENSA.

➢ *approvisionnement en intrants des producteurs*

L'approvisionnement en intrants des producteurs est un volet sensible dans la production agricole et surtout maraichère. En effet, les intrants comme les semences, les engrais, les produits phytosanitaires, les insecticides, les nématocides, et autres sont ceux couramment utilisées dans les périmètres irrigué. Leur approvisionnement et constitue un hic surtout dans les nouveaux aménagements hydro-agricole et son organisation est nécessaire.

Pour pallier à cela, un système de crédit peut être mise en place de façon participative. Le projet partenaire signé des protocoles d'accord de partenariat avec des institutions de microfinances qui vont accorder des prêts aux coopératives des producteurs qui vont acquérir les intrants nécessaire pour leur membres. Ces besoins sont recensés depuis la base avec chaque production membre de la coopérative du site. L'organisation cherchera un fournisseur de qualité qui peut les fournir des intrants de très bonne qualité sous la supervision du technicien encadreur.

➢ *écoulement des produits agricoles*

Une chose est de produire en quantité et en qualité, une autre est de pouvoir écouler facilement sa production afin de solder ses crédits et faire une planification judicieuse de l'usage des profits. Pour arriver à ce fait, une stratégie d'écoulement doit être développée et de façon participative par les encadreurs. En fait, les coopératives doivent chercher des clients pour l'achat de leur production et e processus doit démarrer dès les semis des cultures, afin de garantir une valeur ajouté à la production du site. Certes, toute la production ne sera pas vendue, néanmoins celle qui le sera doit se faire sans difficulté.

➢ *protection des filières de production*

Il est question là d'élaboration des actions de plaidoyer au profit de certaines spéculations afin que les producteurs ne fassent pas face à des méventes de ces produits. Les responsables du projet partenaire doivent appuyer les bénéficiaires à l'élaboration de message simple de plaidoyer en faveur des produits issus du site.

5.5.2. Processus de suivi-évaluation du périmètre

Pour suivi du périmètre nous pouvons distinguer deux axes principaux : maintenance et entretien des infrastructures hydrauliques et mise en valeur de l'exploitation du périmètre. Des indicateurs sont libellés pour chaque axe d'intervention du projet partenaire.

Tableau N°44 : Synthèse des indicateurs de suivi

Axes d'intervention	**Libellé des indicateurs**
Axe 1 **Maintenance et entretien des infrastructures hydrauliques**	**Indicateurs spécifiques aux réseaux d'irrigation** ❖ nombre de fissures sur les différents canaux (principal, secondaires et tertiaires) ❖ type et nombre de barrages dans les canaux ❖ variation du débit dans les canaux ❖ variation du niveau d'eau dans les canaux **Indicateurs spécifiques aux réseaux de drainage** • état d'enherbement des drains. • observation des phénomènes de percolation des eaux usées des parcelles **Indicateurs spécifiques comité d'irrigants** ▪ évaluation du taux de maitrise des formations ▪ taux de recouvrement des redevances eau ▪ taux d'exécution des actions de maintenance et d'entretien du CI
Axe 2 **Mise en valeur de l'exploitation du périmètre**	**Indicateurs spécifiques à la production** ❖ rendement des spéculations sur le site ❖ production des spéculations du périmètre ❖ types d'intrants utilisés (origine, qualité, mode d'acquisition) ❖ quantité vendue (mode d'écoulement) **Indicateurs spécifiques à l'encadrement** • nombre de formations dispensées. • taux de pratique des techniques acquis lors des formations

Source : Résultat de l'étude

Le suivi se fera à travers la collecte de données de ces indicateurs par le biais d'une fiche de collecte. La fiche sera administrée trimestriellement pour un suivi efficace du périmètre irrigué de PENSA.

6. Conclusion

Le dimensionnement des périmètres irrigués est une étape capitale dans les travaux d'aménagement hydroagricole. Chaque périmètre à sa spécificité et il n'est acceptable de faire le design en oubliant certains des facteurs nécessaires. Bien que la zone d'étude ait une expérience avec les projets d'aménagements hydroagricoles, la présente étude est la première du genre qui a eu pour socle la méthode participatif et la prise en compte des aspects de management local du périmètre, chose omise dans la plupart des cas par les concepteurs.

Il a permet de déterminer les différents canaux susceptible d'assurer l'approvisionnement en eau de production aux bénéficiaires du site, et aussi ceux d'évacuation des eaux usées des parcelles. Au niveau des canaux d'irrigation un certains nombre d'ouvrage annexes ont été proposée, à savoir, les partiteurs de seuil, les pertuis, les vannes, les bassins de réception et les siphons inversés pour les infrastructures de franchissement.

Il est proposée aussi un système de canalisation du périmètre où des les diamètres nominaux sont calculés. Pour le maintient du niveau dans les canaux et la réduction du remblai des chutes sont proposées dans les canaux secondaires.

Une chose est de concevoir des ouvrages et une autre de mettre en place une stratégie pour assurer la durabilité de ceux-ci et par conséquent celle du périmètre irrigué. Partant de cela nous avons proposé une strategie de management local de l'irrigation. Elle consiste à la mise en place d'un comité d'irrigants spécialisé, puisque ce comité ne mènera aucune activité sur le site en dehors de l'approvisionnement en eau aux exploitants. Il est chargé de la maintenance et de l'entretien des infrastructures hydrauliques et de drainage du périmètre. Le renforcement des capacités des membres de ce comité fut un aspect important qui être bien développé.

La mise en valeur comme la gestion des ouvrages hydrauliques est important dans la productivité du périmètre. Ainsi il est des actions de mise en valeur ciblées en termes d'encadrements des producteurs, d'appui à l'acquisition des intrants agricoles, à l'écoulement des produits issus de cette production. L'exécution des actions ou propositions faites à ce sujet permettra d'atteindre les objectifs de cet aménagement, qui est la réduction de la pauvreté et l'amélioration des revenus des bénéficiaires du projet dans la zone de PENSA. Aussi, l'autonomisation des périmètres irrigués, à travers la gestion purement locale (faite par les bénéficiaires des aménagements) est un élément capital de ces travaux.

7. Bibliographie

D. Zoungrana 2iE, 2007 : Cours sur les pompes et les stations de pompage – 40 pages

Esstin MFE, 2004/2005 : Etudes des pertes de charges régulières et singulières -5 pages

L. Zella, D. Smadhi, 2005 : L'intérêt du calcul des pertes de charges en micro irrigation 18 pages

K. Kouame 2iE, 2009 : Cours sur les ouvrages d'un réseau d'irrigation - 101 pages

Cédric Masson GLS, 2006 : Article n°248 sur le bon dimensionnement des canalisations (les pompes, les vannes et les canalisations) –page 39-43

A.Lamar, 2iE, 2003 : Cours d'hydraulique : écoulements en charge – 224 pages

T.S.M.Ky, 2007 : Système semi-voltaïque : dimensionnement pour pompage d'eau, pour une irrigation goutte à goutte – 38 pages

G. Copin Montegut, 2004 : Equilibre et transfert de gaz**,** tiré de son Cours de Physique et Chimie marines – 8pages

A. Keita 2iE, 2007 : Cours sur l'irrigation gravitaire - 66 pages

FAO, 2007 : Atelier MASCOTE sur le service de l'eau en irrigation du 14-24 mai 2007 Résultat et plan de modernisation 46 pages

J. L. Couture, 1999 : Etude documentaire sur la gestion de l'eau en Afrique sub sahélienne et région Caraïbes 41 pages

A.Taky, J.C.Mailhol et al, 2004 : Diagnostic des pratiques d'irrigation gravitaire et possibilité d'amélioration dans le Gharb au Maroc 14 pages

J. Guillaume, 1997 : Synthèse du séminaire internationale de Niamey sur les Conditions d'une gestion paysannes des aménagements hydro-agricoles en Afrique de l'Ouest 74 pages

Initiative Conseil International, 2008 : Note synthétique sur l'entretien des infrastructures hydrauliques de petite irrigation 16 pages

B.U. Ouédraogo 2iE, 2006 : Cours sur les pompes et les stations de pompage – 55 pages

P. Rousset, 2003 : Article sur la Régulation des réseaux d'irrigation gravitaire 13 pages

8. ANNEXES

8.1.Termes de Références

8.2.Données climatiques du site de PENSA

8.3.Profils en long des canaux primaires et secondaires

8.1. TERMES DE REFERENCE

Design du périmètre irrigué et stratégie de management local de l'irrigation en amont du barrage de PENSA

1. Contexte spécifique et justification de l'étude

Dans les pays du Sahel, les aménagements hydro-agricoles ont longtemps été gérés par les Sociétés Régionales de Développement Rural ou les Offices chargés du développement de l'irrigation (P..DELVILLE et al, 1997*)*. Le Niger, avec sa politique d'autogestion des coopératives, a longtemps fait figure d'exception, même si la direction des coopératives est assurée par des cadres détachés de l'ONAHA (Office national des aménagements hydro-agricoles).

Dans la foulée des plans d'ajustements structurels et du désengagement de l'État, l'heure est aujourd'hui à la responsabilisation des producteurs et au transfert de la gestion des aménagements aux organisations paysannes. Un tel transfert est en cours, progressivement, dans la majorité des aménagements hydro-agricoles. Cependant, la prise en charge par les organisations paysannes de responsabilités nouvelles, dans un panorama institutionnel en recomposition, représente un bouleversement considérable, et ne peut se faire du jour au lendemain5.

Au Burkina Faso une réforme agraire volontariste a été engagée dans les années 80 et a été reprise en 1986. Elle est néanmoins très descendante et autoritaire et se trouve en butte aux blocages des autorités traditionnelles, toujours influentes sur la question de la terre. Actuellement, I'Etat burkinabé se désengage progressivement de la gestion des systèmes irrigués avec une implication croissante des organisations paysannes. Une politique de l'eau existe maintenant confirmant les choix empiriques antérieurs. Le développement de la petite irrigation privée est devenu l'une des stratégies d'intervention dans ce domaine, cela se confirme par la mise en œuvre du Projet de Petite Irrigation Villageoise (PPIV) à partir des années 2002 qui commence à faire ses preuves sur le terrain.

Ce processus où les organisations paysannes bénéficiaires sont responsables des périmètres nécessite de nombreuses adaptations, de la part des organisations paysannes comme des structures d'intervention et où un accompagnement adapté se doit à chaque situation concrète.

Si cette question des conditions d'une gestion paysanne par des organisations paysannes se pose, à un degré ou à un autre, pour tous les aménagements, elle concerne particulièrement le Sénégal et le Niger qui possèdent les anciens périmètres en Afrique de l'Ouest, où des aménagements entiers sont gérés, ou doivent l'être par des organisations paysannes. Il sera intéressant pour les autres pays de la zone Ouest africaine de suivre l'expérience nigérienne où le thème de l'autogestion est depuis longtemps un des axes de politique nationale, où les coopératives emploient du personnel salarié (aigadier et encadreurs), et bénéficient de l'appui d'un directeur de périmètre (CTA, 1999).

Ces expériences comportent des enseignements qui peuvent permettre de poser dès le départ de bonnes bases pour des aménagements en cours de création ou déjà existant, comme à Bagré, Sourou, Kou, Douna et autres aménagements réalisés par les projets et programme de développement durable au Burkina Faso.

S'il n'y a pas de « recette » pour transférer les responsabilités, du moins on peut identifier des conditions à la gestion des aménagements par les organisations paysannes.

La question des rapports entre État et paysans dans les aménagements hydro-agricoles, et celle du management local de l'irrigation, a fait l'objet de nombreuses réflexions qu'il paraît utile d'intégrer dans les débats sur le devenir des filières irriguées en Afrique et en particulier au Burkina Faso.

À la lumière de certaines expériences, quelques éléments apparaissent aujourd'hui importants :

- **Le transfert de responsabilités** est un processus qui met en jeu un changement profond des rapports entre État et producteurs, et a des dimensions juridiques et institutionnelles fortes.

5 Gestion paysannes des aménagements hydro-agricole en Afrique de l'Ouest, 1997

• le **transfert de pouvoir et de moyens** pour assumer ces responsabilités. La question du financement des organisations est donc cruciale.
• **Désengagement de l'État n'est pas synonyme d'abandon des responsabilités**. Tant pour assurer des fonctions de service public (recherche, conseil technique, financement de l'appui aux producteurs) que pour garantir d'un point de vue juridique les règles du jeu, l'État est et reste un partenaire indispensable des filières irriguées.
• **« Autogestion » des périmètres irrigués** ne signifie donc pas que les organisations de producteurs doivent être capables de tout faire par elles-mêmes, mais qu'elles doivent être capables d'assumer un certain nombre de fonctions, tant en interne (gestion de l'eau, des cotisations et redevances, gestion foncière), qu'en externe (rapports avec les sociétés d'encadrement, les commerçants, les structures de crédit). Elles doivent trouver (ou conquérir) leur place dans un environnement institutionnel complexe et diversifié, établir des façons de gérer leurs relations tant avec leurs membres qu'avec les institutions externes et les services de l'État.
• Une telle **prise** en charge demande un certain nombre de conditions : **clarification institutionnelle des tâches et des fonctions**, problèmes juridiques (statuts, contractualisation avec les partenaires externes), compétences en gestion/organisation. Mais aussi un environnement économique porteur, pour que les organisations puissent faire face aux coûts d'une structure efficace.
• Comme toute or**g**anisation, la gestion des périmètres irrigués pose des problèmes d'action collective, de règles du jeu concernant l'interdépendance entre des acteurs poursuivant des intérêts divergents, de compétition pour le pouvoir, etc. La **définition des règles d'action collective** (règlement intérieur, mode de désignation des responsables, mode de recouvrement des redevances, sanctions), est particulièrement importante, et doit faire l'objet d'un consensus social.
• Pour pouvoir prendre leurs décisions (techniques, économiques), les responsables ont **besoin d'outils de gestion, d'indicateurs de performances** qui puissent servir d'outils de management.
• L'autogestion des organisations paysannes demande enfin qu'elles aient **accès aux appuis nécessaires (gestion/comptabilité; organisation**) et puissent le cas échéant employer et contrôler du personnel technique.

La présente étude s'inscrit dans ce cadre, afin de faire des propositions concrète pour un management local de l'irrigation de l'aménagement hydro-agricole de PENSA. Comme le disait un Ingénieur marocain qu'il faut penser déjà à la gestion durable des ouvrages ou infrastructures hydrauliques dès la conception.

2. Objectifs de l'étude

2.1. Objectif global

L'objectif global est de concevoir un réseau d'irrigation et de drainage efficience et efficace ne terme de rendement et d'élaborer une stratégie de management local de l'irrigation du périmètre de Pensa en vue d'une durabilité du développement local envisagé par le projet.

2.2. Objectifs spécifiques

De façon spécifique il est question de :

- ✓ Concevoir un réseau d'irrigation qui permet d'apporter la quantité d'eau nécessaire pour le développement des cultures à pratiquer sur le site ;
- ✓ Concevoir un réseau de drainage qui permet d'assainir les sols agricoles irrigués et faciliter un développement facile du système racinaire des cultures ;
- ✓ Proposer un système de maintenance et d'entretien durable des infrastructures hydrauliques du périmètre ;
- ✓ Elaborer une stratégie de gestion durable du périmètre aménagé.

3. Résultats attendus

L'étude doit aboutir aux résultats suivants :

- ⊗ Le réseau d'irrigation conçu est efficience et efficace en terme de couverture des besoins en eau des cultures à pratiqué sur le site de Pensa ;
- ⊗ Le réseau de drainage est conçu et facilite l'évacuation des eaux usées du périmètre aménagé ;
- ⊗ Un système de maintenance et d'entretien des infrastructures hydrauliques est proposé ;
- ⊗ Une stratégie de gestion durable de l'ensemble du périmètre irrigué est élaborée en tenant compte des contraintes de la localité.

4. Méthodologie

Les différentes phases suivantes montrent les étapes de la réalisation des activités par la mission :

- Phase 1 : Préparation de la mission, prise de connaissance des travaux déjà effectués
- Phase 2 : Préparation et réalisation d'échanges sur le terrain et d'entretiens
- Phase 3 : Traitement des informations récoltées et reportage

5. Rapports à fournir

Les résultats attendus se matérialiseront par les éléments suivants :

- Un mémoire technique du design du périmètre irrigué ;
- Les dessins des différentes infrastructures conçues.

La durée des travaux est estimée à quatre (4) mois.

8.2. Données climatiques

Tableau N° : Evolution de la pluviométrie mensuelle de 1961 à 2009

Années	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aoû	Sept	Oct	Nov	Déc	TOTAL
1961	0,0	0,0	0,0	0,0	60,6	100,1	229,2	362,1	122,2	0,0	0,0	0,0	**874,2**
1962	0,0	0,0	0,0	0,0	45,6	54,5	189,7	250,4	89,0	29,2	43,0	0,0	**701,4**
1963	0,0	0,0	3,0	40,5	79,6	169,7	117,0	174,9	183,2	52,8	0,0	0,0	**820,7**
1964	0,0	0,0	0,0	1,5	79,4	77,1	291,1	194,5	113,3	6,1	0,0	11,8	**774,8**
1965	0,0	0,0	0,0	0,0	31,6	72,6	163,6	196,9	148,4	11,3	0,0	0,0	**624,4**
1966	0,0	0,0	0,0	24,0	28,4	144,3	151,5	185,8	96,4	20,4	0,0	0,0	**650,8**
1967	0,0	0,0	3,0	8,6	29,4	62,0	144,0	238,0	100,1	0,0	0,0	0,0	**585,1**
1968	0,0	0,1	12,0	5,2	16,4	96,4	167,3	116,5	59,6	32,5	0,0	0,0	**506,0**
1969	0,0	0,0	2,0	0,0	29,5	94,9	136,7	230,0	142,2	92,7	0,0	0,0	**728,0**
1970	0,0	0,0	0,0	1,1	12,5	14,3	249,1	161,3	110,4	11,5	0,0	0,0	**560,2**
1971	0,0	0,0	4,0	1,5	10,6	116,0	79,7	202,2	72,8	0,0	0,0	0,3	**487,1**
1972	0,0	0,6	0,0	4,4	81,2	142,8	91,3	174,8	88,2	32,2	0,0	0,0	**615,5**
1973	0,0	2,5	0,0	25,0	79,8	68,2	147,7	119,8	95,3	0,0	0,0	0,0	**538,3**
1974	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	54,8	186,0	279,0	65,5	0,0	0,0	0,0	**603,3**
1975	0,0	0,0	0,0	0,0	24,1	42,7	269,3	174,6	139,4	10,0	0,0	0,0	**660,1**
1976	0,0	0,0	8,0	0,0	74,2	28,2	129,4	106,1	76,9	116,7	0,0	0,0	**539,5**
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	27,1	77,3	92,9	227,4	49,5	9,5	0,0	0,0	**483,7**
1978	0,0	0,0	4,3	24,4	71,3	84,9	201,7	125,4	38,7	6,3	1,0	0,0	**558,0**
1979	0,0	0,0	2,8	0,0	33,7	55,4	67,9	253,4	96,8	7,5	0,0	0,0	**517,5**
1980	0,0	**	0,0	1,5	20,8	54,6	206,9	130,8	19,7	3,4	0,0	0,0	**437.7***
1981	0,0	0,0	4,6	0,0	31,8	39,1	72,9	162,2	121,0	0,0	0,0	0,0	**431,6**
1982	0,0	0,0	0,7	3,1	34,7	72,9	56,7	165,4	70,2	21,9	0,0	0,0	**425,6**
1983	0,0	0,0	0,0	0,0	24,5	103,5	132,5	138,9	33,6	8,7	0,0	0,0	**441,7**
1984	0,0	**	0,0	0,6	45,0	49,4	83,6	93,3	74,0	0,0	0,0	0,0	**345.9***
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	23,3	47,4	64,5	210,0	36,7	2,0	0,0	0,0	**383,9**
1986	0,0	0,0	0,0	0,0	17,6	86,2	159,5	131,9	57,4	0,0	**	0,0	**452.6***
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	105,7	81,7	59,0	110,3	**	**	**	**356.7***
1988	0,0	0,0	0,0	76,0	0,0	112,0	169,5	263,0	109,9	0,0	0,0	0,0	**730,4**
1989	0,0	0,0	22,6	0,0	9,1	27,0	146,5	130,0	78,6	6,5	0,0	0,0	**420,3**
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	35,8	32,5	54,5	175,1	**	**	**	**	**297.9***
1991	0,0	0,0	0,0	15,5	79,6	78,9	109,3	379,8	**	**	0,0	0,0	**663.1***
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	22,7	16,0	104,9	121,5	65,3	4,1	0,0	0,0	**334,5**
1993	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	120,6	128,7	**	78,9	15,2	0,0	0,0	**350.4***
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	54,5	115,0	266,5	357,3	139,4	53,6	0,0	0,0	**986,3**
1995	0,0	0,0	0,0	12,0	18,1	120,8	114,6	175,0	49,4	25,8	0,0	0,0	**515,7**
1996	0,0	0,0	0,0	10,2	29,8	35,3	184,7	164,6	141,2	22,2	0,0	0,0	**588,0**
1997	0,0	0,0	0,0	5,3	39,1	32,8	117,2	106,5	27,9	9,1	0,0	0,0	**337,9**
1998	0,0	0,0	0,0	0,0	92,4	53,5	125,9	177,3	68,2	21,0	0,0	0,0	**538,3**
1999	0,0	0,0	0,0	5,1	0,0	41,9	95,6	267,2	112,6	**	0,0	0,0	**522.4***
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	107,3	156,2	77,6	117,3	1,5	0,0	0,0	**475,9**
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	21,2	224,4	207,2	128,0	**	**	0,0	0,0	**580.8***
2002	0,0	0,0	0,0	38,0	38,9	105,2	269,5	166,0	49,8	49,3	0,0	0,0	**716,7**
2003	0,0	0,0	11,1	1,4	37,4	**	**	**	**	**	**	**	**49.9***
2004	0,0	0,0	0,0	3,2	13,1	38,9	192,9	83,6	131,6	0,0	0,0	0,0	**463,3**
2005	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	110,7	207,9	305,6	145,3	40,3	0,0	0,0	**819,3**
2006	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	33,8	102,9	203,3	148,5	18,3	0,0	0,0	**508,1**
2007	0,0	0,0	0,0	0,0	26,7	32,8	173,0	255,5	96,0	0,0	0,0	0,0	**584,0**

2008	0,0	0,0	0,0	9,5	15,0	118,7	130,9	179,0	126,3	37,1	0,0	0,0	**616,5**
2009	0,0	8,0	0,0	13,0	22,2	54,0	201,1	159,5	68,2	26,2	0,0	0,0	**552,2**
MOY	**0,0**	**0,2**	**1,6**	**7,0**	**32,8**	**77,6**	**150,5**	**186,0**	**92,6**	**18,7**	**1,0**	**0,3**	**568,3**

Tableau N° : Evolution de l'Evaporation BAC A mensuelle de 1971 à 2009

Année	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	TOTAL
1971	209,3	236,2	307,6	331,5	331,9	303,4	219,7	178,2	181,8	258,3	242,5	211,4	**2011,7**
1972	231	264,5	337,1	324,3	299,4	232,1	223,9	179,5	191,1	244,9	229,8	206,9	**2964,5**
1973	238,8	246,2	315,8	331,9	347,9	326,1	255	184,8	194,6	247	253	197,2	**3138,3**
1974	209,9	237,4	331,5	314,7	341,4	305,4	197	168,6	177,1	217,1	232,1	219,6	**2951,8**
1975	212,5	224	294,8	315	287,2	312,9	223,1	197,3	173,1	268,8	234,7	246,9	**2990,3**
1976	213,8	238,8	312,3	324,8	309,5	270,7	235,2	199,1	199,9	255,2	213,9	208,3	**2981,5**
1977	226,5	243,3	314,6	318,1	342,1	306,5	247,1	187,7	198,3	241,6	220,7	222,2	**3068,7**
1978	241,3	234,1	312,9	294,9	319,7	274,7	213,8	204,3	195,6	258,2	250,7	236,1	**3036,3**
1979	268,2	251,7	338,6	335,3	305,8	247,4	245,8	220,5	209,3	228,4	223,8	219,2	**3094**
1980	238,3	265,1	328,3	339,7	307,3	272,7	226,2	208	223	230,4	232	202,3	**3073,3**
1981	208,3	242,5	280,1	306,3	308,8	293,1	206,6	195,5	196,6	232,4	240,2	219,8	**2930,2**
1982	206,4	225,8	302,9	312,2	333,9	273,4	241,6	158,9	195,9	213,4	207,2	205,6	**2877,2**
1983	257,1	250	336,6	353,1	339,4	267,3	242,4	198,5	214,3	269,9	229,2	201,6	**3159,4**
1984	225,6	248,6	321	327,6	335,2	286,2	270,7	238	194,6	231,6	227,8	218,1	**3125**
1985	207,3	271	321,7	328,8	309,7	314,8	204,9	181	174,8	249,3	228,8	206,4	**2998,5**
1986	193,7	235,8	260,8	328,5	322,1	287,8	225,2	192,9	196,3	242,6	212,1	208,5	**2906,3**
1987	207,5	216,5	296,2	346,5	382	306,1	296,1	226,7	217,5	238,1	234,2	193,7	**3161,1**
1988	216,8	258	358,1	313,4	353	275,8	268,7	189,4	161,5	224,7	194,9	178,9	**2993,2**
1989	212,6	213,8	262,1	312,8	338,9	294,9	241,2	168,9	184,3	210,7	225	203,1	**2868,3**
1990	182,6	210	317,4	301,3	321,1	271,2	212,4	177,9	181,3	233,3	224,4	201,2	**2834,1**
1991	214,5	219,3	282,6	282,2	250,7	221,4	193,6	163,6	179,4	213,4	212,3	191,8	**2624,8**
1992	191,3	258,5	281,6	311,7	277,2	258,8	211,1	169,3	174,7	214,7	193,6	195,3	**2737,8**
1993	206,3	219,3	297,5	319,2	332,6	269,9	236	189,6	178,2	215,2	214,8	205,6	**2884,2**
1994	209	252,6	316,1	346,6	324,6	283,2	226,3	178	157,3	181,7	216,4	220,9	**2912,7**
1995	213,4	218,8	325,8	289	319,1	278,9	215,6	170,3	183	244,6	235,8	226,8	**2921,1**
1996	232,5	254	332,7	303,9	344,6	272	251,1	194,1	183,8	249,6	250,1	232,4	**3100,8**
1997	236	265,7	308,5	315,2	323,2	263,9	208,4	185,6	187,5	250,6	257,3	251,9	**3080,8**
1998	260,3	286,7	358,2	356,3	352,3	273,8	205,8	174,2	167,5	250,4	253,2	246,3	**3194,2**
1999	260,2	280,2	349,6	364,3	360	326,1	206,3	144,2	176,3	250,3	246,1	240,6	**3204,2**
2000	260,2	273,6	340,9	363,1	373,6	286,7	218,3	196	217,9	261,3	264,6	247,8	**3304**
2001	264,9	287,8	351,8	373,2	359,1	296,7	229,3	223,9	202,2	280	278,4	259,8	**3407,1**
2002	266,7	262	347,3	353,1	355,9	288,3	261	192,1	224,5	211,6	243,6	237,9	**3244**
2003	242,6	271,2	336,8	347,8	370,9	246,2	210,7	173	171,7	226,3	229,5	213,6	**3040,3**
2004	218,5	253	336,3	325,8	359	303,9	215,5	199,6	216,3	283,4	263,6	226,3	**3201,2**
2005	244,5	270,6	340,6	353,9	335,4	236,2	195,3	176,7	201,7	239,3	238,5	233,7	**3066,4**
2006	214,5	237,8	347,9	363,1	354,7	288,7	249,3	165,8	213,4	263,0	258,6	231,3	**3188,1**

2007	253,4	260,8	334,1	330,5	308,8	300,4	216,6	176,5	199,0	273,2	249,2	232,4	**3134,9**
2008	225,3	275,8	341,2	338,6	341,7	266,3	217,6	182,5	207,7	254,0	244,1	217,1	**3111,9**
2009	202,5	251,8	347,7	334,8	354,0	293,4	254,4	194,4	210,2	247,1	240,8	236,3	**3167,4**
MOY	**226,259**	**249,05**	**321,22**	**329,05**	**331,633**	**281,47**	**228,687**	**187,31**	**192,646**	**241,17**	**234,551**	**219,35**	**3017,68**

Source : Station météorologique de Dori

8.3.Profil en long des canaux primaires et secondaires

PROFIL DU CANAL PRIMAIRE BLOC A — Pente canal 0,025% — largeur canl 0,85m

variat pente	Cote TN	Cote Projet	Ecart TN-Projet	Distance parcouru	Distance cumulé	volume deblai	volume remblai
	101,4	101,8	-0,4	0	0	0	0
0,007	101,65	101,793	-0,143	26,03	26,03	-3,175	3,175
0,00814	101,69	101,79186	-0,102	6,54	32,57	-0,566	0,566
0,01179	101,67	101,78822	-0,118	14,57	47,14	-1,464	1,464
0,01401	101,67	101,78599	-0,116	8,9	56,04	-0,877	0,877
0,02151	101,67	101,77849	-0,108	30	86,04	-2,766	2,766
0,02901	101,68	101,77099	-0,091	30	116,04	-2,320	2,320
0,03651	101,72	101,76349	-0,043	30	146,04	-1,109	1,109
0,04401	101,76	101,75599	0,004	30	176,04	0,102	0,000
0,05151	101,81	101,74849	0,062	30	206,04	1,569	0,000
0,05901	101,85	101,74099	0,109	30	236,04	2,780	0,000
0,06226	101,86	101,73774	0,122	12,99	249,03	1,350	0,000
0,06651	101,72	101,73349	-0,013	17,01	266,04	-0,195	0,195
0,07344	101,49	101,72656	-0,237	27,73	293,77	-5,576	5,576
0,07401	101,5	101,72599	-0,226	2,27	296,04	-0,436	0,436
0,08151	101,64	101,71849	-0,078	30	326,04	-2,001	2,001
0,08901	101,77	101,71099	0,059	30	356,04	1,505	0,000
0,09651	102	101,70349	0,297	30	386,04	7,561	0
0,10401	102,06	101,69599	0,364	30	416,04	9,282	0
0,10541	102,07	101,69459	0,375	5,59	421,63	1,784	0
0,11151	102,05	101,68849	0,362	24,41	446,04	7,501	0
0,11901	102,03	101,68099	0,349	30	476,04	8,900	0
0,12651	102,01	101,67349	0,337	30	506,04	8,581	0
0,13321	101,99	101,66679	0,323	26,81	532,85	7,366	0
0,13401	102	101,66599	0,334	3,19	536,04	0,906	0
0,13740	102,05	101,66260	0,387	13,57	549,61	4,468	0
0,14151	101,95	101,65849	0,292	16,43	566,04	4,071	0
0,14901	101,89	101,65099	0,239	30	596,04	6,095	0
0,15651	101,83	101,64349	0,187	30	626,04	4,756	0,000
0,16401	101,77	101,63599	0,134	30	656,04	3,417	0,000
0,16880	101,74	101,63121	0,109	19,14	675,18	1,770	0,000
0,17151	101,75	101,62849	0,122	10,86	686,04	1,122	0,000

0,17500	101,75	101,62500	0,125	13,95	699,99	1,482	0,000
0,17901	101,6	101,62099	-0,021	16,05	716,04	-0,286	0,000
0,18449	101,39	101,61551	-0,226	21,93	737,97	-4,204	0,000
0,18651	101,47	101,61349	-0,143	8,07	746,04	-0,984	0,000
0,19401	101,74	101,60599	0,134	30	776,04	3,417	0,000
0,20151	101,77	101,59849	0,172	30	806,04	4,374	0,000
TOTAL						88,683	20,487

PROFIL DU CANAL SECONDAIRE BLOC A — Section 1 — Pente canal 0,025% — largeur canl 0,67m

	variat pente	Cote TN	Cote Projet	Ecart TN-Projet	Distance parcouru	Distance cumulé	volume deblai	volume remblai
		101,75	101,85	-0,1	0	0	0	0
chute 0,5m	0,005	101,61	101,345	0,265	18,57	18,57	3,293	0,000
	0,00750	101,62	101,34250	0,278	11,43	30	2,125	0,000
	0,01141	101,63	101,33860	0,291	15,62	45,62	3,050	0,000
	0,01500	101,54	101,33500	0,205	14,38	60	1,975	0,000
	0,02250	101,36	101,32750	0,032	30	90	0,653	0,000
	0,03000	101,27	101,32000	-0,050	30	120	-1,005	1,005
	0,03750	101,21	101,31250	-0,103	30	150	-2,060	2,060
chute 0,5m	0,04500	101,07	100,80500	0,265	30	180	5,327	0
	0,05250	100,93	100,79750	0,133	30	210	2,663	0,000
	0,06000	100,78	100,79000	-0,010	30	240	-0,201	0,201
	0,06750	100,58	100,78250	-0,203	30	270	-4,070	4,070
	0,07290	100,43	100,77710	-0,347	21,59	291,59	-5,021	5,021
TOTAL							19,086	12,357

PROFIL DU CANAL SECONDAIRE BLOC A — Section 2 — Pente canal 0,025% — largeur canl 0,67m

	variat pente	Cote TN	Cote Projet	Ecart TN-Projet	Distance parcouru	Distance cumulé	volume deblai	volume remblai
		102,03	101,78	0,25	0	0	0	0
	0,008	101,87	101,773	0,097	30	30	1,960	0,000
	0,01500	101,7	101,76500	-0,065	30	60	-1,306	1,306
chute 0,5m	0,02250	101,53	101,25750	0,272	30	90	5,477	0,000
	0,03000	101,38	101,25000	0,130	30	120	2,613	0,000
	0,03750	101,24	101,24250	-0,003	30	150	-0,050	0,050
	0,04500	101,11	101,23500	-0,125	30	180	-2,513	2,513
chute 0,5m	0,05250	100,87	100,72750	0,142	30	210	2,864	0,000
chute 0,5m	0,06000	100,45	100,22000	0,230	30	240	4,623	0,000
	0,06555	100,13	100,21445	-0,084	22,19	262,19	-1,256	1,256

	0,06750	100,14	100,21250	-0,073	7,81	270	-0,379	0,379
	0,07232	100,25	100,20768	0,042	19,29	289,29	0,547	0,000
TOTAL							18,084	5,504

PROFIL DU CANAL SECONDAIRE BLOC A — Pente canal 0,025% — largeur canl 0,67m

Section 3

	variat pente	Cote TN	Cote Projet	Ecart TN-Projet	Distance parcouru	Distance cumulé	volume deblai	volume remblai
		101,77	101,69	0,08	0	0	0	0
chute 0,5m	0,008	101,39	101,183	0,207	30	30	4,171	0,000
chute 0,5m	0,01500	100,76	100,67500	0,085	30	60	1,709	0,000
chute 0,25m	0,02250	100,52	100,41750	0,102	30	90	2,060	0,000
	0,03000	100,44	100,41000	0,030	30	120	0,603	0,000
	0,03335	100,4	100,40666	-0,007	13,38	133,38	-0,060	0,060
	0,03750	100,56	100,40250	0,157	16,62	150	1,754	0,000
	0,04225	100,73	100,39776	0,332	18,98	168,98	4,225	0
	0,04500	100,71	100,39500	0,315	11,02	180	2,326	0
	0,05250	100,63	100,38750	0,242	30	210	4,874	0
	0,06000	100,52	100,38000	0,140	30	240	2,814	0,000
	0,06750	100,4	100,37250	0,028	30	270	0,553	0,000
	0,07218	100,32	100,36782	-0,048	18,71	288,71	-0,599	0,599
TOTAL							25,088	0,659