



Avant- projet détaillé de l'aménagement du périmètre irrigué de 15 ha à l'aval du barrage de Niangdo dans la commune de Poa au Burkina Faso

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER

**SPÉCIALITÉ : GENIE DE L'EAU, DE L'ASSAINISSEMENT ET DES
AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES (GEAAH)**

Présenté et soutenu publiquement le : 25 juillet 2023 par

Abdhalla Abdelaziz Yasser BELEM (20170003)

Encadrant 2iE :

Bassirou BOUBE, Enseignant en irrigation à 2iE.

Maître de stage :

Dabêkya Isidore DABIRE, Directeur technique de GID

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Dr Dial NIANG**

Membres et correcteurs : **M Inoussa BELEMBAOGO**

Mme Axiane MANTORO

Promotion [2022/2023]



Institut International d'Ingénierie de l'Eau de l'Environnement

Fondation 2iE - Rue de la Science - 01 BP 594 - Ouagadougou 01 - BURKINA FASO – IFU 00007748B

Tél. : (+226) 50. 49. 28. 00 - Fax : (+226) 50. 49. 28. 01 - Mail : 2ie@2ie-edu.org - www.2ie-edu.org

DÉDICACE

Je dédie ce mémoire,

À mes parents, **Hamidou BELEM et Mariam DIAKITE**, qui n'ont cessé d'œuvrer pour ma réussite, de par leur amour, leur soutien, tous les sacrifices consentis et leurs précieux conseils, pour toute leur assistance et présence dans ma vie. Puissiez-vous trouver satisfaction en ce modeste travail qui est l'expression de ma profonde gratitude.

REMERCIEMENTS

Toute la louange appartient à ALLAH, notre créateur qui nous a donné la force nécessaire pour la réalisation de ce mémoire.

La réalisation de ce mémoire de fin d'études a été possible grâce à l'appui inestimable d'un certain nombre de personnes physiques et morales à travers leurs encouragements, leurs conseils, mais aussi leurs participations. Je voudrais donc témoigner ma profonde reconnaissance et formuler mes remerciements aux personnes qui ont contribué à finaliser ce travail.

Je souhaiterais particulièrement manifester ma gratitude à :

- L'institut 2iE pour la formation de qualité reçue ;
- Mon encadrant 2iE, **M. Bassirou BOUBE** pour son encadrement, sa patience et sa disponibilité tout au long de la rédaction de ce mémoire ;
- Le Directeur Général du bureau d'études GID, **M. Marius SANON** pour son suivi et l'opportunité qui nous a été offerte d'apprendre au sein de sa structure ;
- Le Directeur Technique du bureau GID, **M. Isidore Dabêkya DABIRE** pour sa disponibilité, ses conseils et ses apports significatifs tout au long du stage ;
- Tout le personnel du bureau GID pour leurs divers apports et pour l'accueil chaleureux tout au long du stage ;
- Ma famille pour leur soutien durant tout mon cursus académique, principalement mes frères et sœurs **Mohareb Rachid, Absatou, Tareck, Malia**, mes oncles **Mahamadi BELEM** et **Alexandre BELEM** ;
- Tout le corps professoral du 2iE pour la connaissance acquise tout le long de notre parcours.

Je tiens également à remercier et adresser ma gratitude à mes amis(es) et collègues, spécialement mes camarades de promotion pour leurs précieux aides et conseils, principalement **Alex MOYENGA, Gael YAMEOGO, Sandy KINI**, pour leur appui technique, et encouragements.

RESUME

Le présent rapport est un avant-projet détaillé d'un aménagement hydro-agricole de type semi-californien de 15 ha à l'aval du barrage de Niangdo dans la commune de POA au Burkina Faso. La pédologie du site et les entretiens avec les bénéficiaires nous a permis de retenir le chou, l'oignon et la tomate en saison sèche pour leur valeur commerciale et le riz en hivernage avec une irrigation de complément pour faire face aux poches de sécheresse. Les résultats de la simulation de l'exploitation de la retenue ont montré la possibilité d'irriguer **12,53 ha** de terres. Le périmètre de 12.53 ha est divisé en deux (02) parties par le lit du cours d'eau, l'une en rive droite de **5,03 ha** et l'autre sur l'autre rive de **7,5 ha**. L'aménagement est constitué de quatre (04) blocs alimentés chacun par un bassin. Pour chaque bloc, le système est composé d'une station de pompage qui refoule l'eau dans un bassin partiteur à 2 ou 3 ouvertures à partir duquel sont raccordées des conduites de distribution. Les conduites sont en **PVC PN6** ayant respectivement des diamètres de **125 mm** pour la distribution et **200 mm à 250 mm** pour le refoulement. Pour l'assainissement du site, un réseau de drainage de surface par des drains, une colature de ceinture et une digue de protection ont été proposés. Il est prévu aussi des pistes et des ouvrages de franchissement pour l'accès au périmètre. Le débit d'équipement du réseau pour la culture la plus contraignante (chou) est de **3,45 l/s/ha** pour un besoin en eau de **13538, 3 m3/ha** avec un tour d'eau de **3 jours** retenu. Les motopompes débitent **72 m3/h** et **103 m3/h**. Le cout global de l'aménagement s'élève à un montant de total de **99 510 096 FCFA** soit **7 941 747 FCFA à l'hectare**.

Mots clés

- Avant-projet-détaillé
- Aménagement hydro-agricole
- Semi-californien
- Niangdo
- Maraichage

ABSTRACT

This report is a detailed preliminary project of a semi-Californian hydro-agricultural development of 15 ha downstream of the Niangdo dam in the commune of POA in Burkina Faso. The pedology of the site and the interviews with the beneficiaries allowed us to retain cabbage, onion and tomato in the dry season for their commercial value and rice in wintering with complementary irrigation to cope with pockets of drought. The results of the dam studies showed the possibility of irrigating 12.53 ha of land. The perimeter of 12.53 ha is divided into two (02) parts by the bed of the river, one on the right bank of **5.03 ha** and the other on the other bank of **7.5 ha**. The development consists of four (04) blocks each fed by a basin. For each block, the system consists of a pumping station that pushes the water into a basin with 2 or 3 openings from which distribution pipes are connected. The pipes are made of **PVC PN6** with diameters of **125 mm** for distribution and **200 mm** to **250 mm** for discharge respectively. For the remediation of the site, a surface drainage network by drains, a belt colature and a protective have been proposed. Runways and crossing structures are also planned for access to the perimeter. The equipment flows up the network for the most restrictive crop (cabbage) is **3.45 l/s/ha** for a water requirement of **13538, 3 m³/ha** with a **3-day** water round selected. The motor pumps discharge **72 m³/h** and **103 m³/h**. The overall cost of the development amounts to a total amount of **99 510 096 FCFA** or **7 941 747 FCFA** per hectare.

Keywords

Preliminary draft

Hydro-agricultural development

Semi-Californian

Niangdo

Market gardening

LISTE DES ABREVIATIONS

APD : Avant-Projet-Détaillé

BUNASOLS : Bureau National des Sols

CIEH : Comité Interafricain d'Études Hydrauliques

DRI : Durée de Retour sur Investissement

ETM : Évapotranspiration Maximale

GID : Générale de l'Ingénierie pour le Développement

INSD : Institut des statistiques et de la Démographie

NIES : Notice d'Impact Environnementale et Social

ORSTOM : Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre-Mer

PEN : Plan d'Eau Normal

PHE : Plus Haute Eau

PIB : Produit Intérieur Brut

PN : Pression Nominale

PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement

PVC : Polychlorure de vinyle

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

TDRs : Termes de Références

UBT : Unité Bétail Tropical

SOMMAIRE

DÉDICACE.....	I
REMERCIEMENTS.....	II
RESUME.....	III
ABSTRACT	IV
LISTE DES ABREVIATIONS	V
SOMMAIRE	VI
LISTE DES TABLEAUX	IX
LISTE DES FIGURES.....	XI
LISTE DES FORMULES.....	XII
FICHE TECHNIQUE DE L'ETUDE	XIV
INTRODUCTION.....	1
I PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE.	2
I.1 Présentation de la structure d'accueil	2
I.2 Présentation de la zone d'étude.....	3
I.2.1 Situation administrative.....	3
I.2.2 Situation physique et géographique.....	5
I.2.2.1 Le relief et sols	5
I.2.2.2 Le climat.....	5
I.2.2.3 La végétation.....	6
I.2.2.4 Hydrographie.....	7
I.2.3 Caractéristiques socio-économiques	7
I.2.3.1 Population	7
I.2.3.2 Mouvement migratoire	8
I.2.3.3 Agriculture	8
I.2.3.4 Élevage.....	9

II PRESENTATION DU PROJET	9
II.2.1 Contexte et justifications	9
II.2.2 Objectifs de l'étude	10
III METHODOLOGIE DE L'ETUDE	10
III.1 Matériels utilisés	11
III.2 Cadre générale de la démarche méthodologique	12
III.3 Méthodologie de conception de l'aménagement	18
III.3.1 Choix du système d'irrigation.....	18
III.3.2 Principe de dimensionnement.....	18
III.3.3 Évaluation des besoins en eau des cultures.....	20
III.3.4 Détermination des paramètres d'irrigation	22
III.3.5 Organisation de l'arrosage	23
III.3.6 Dimensionnement et calage du système d'irrigation	26
III.3.7 Dimensionnement du réseau annexe.....	34
III.3.7.1 Dimensionnement et calage des colatures	34
III.3.7.2 Dimensionnement des pistes	36
III.3.7.3 Infrastructures de salubrité	36
III.3.7.4 Infrastructure de stockage	36
III.3.7.5 Infrastructure de franchissement	37
IV ÉVALUATION FINANCIÈRE DE L'AMÉNAGEMENT	37
IV.1 Évaluation du coût de l'aménagement :	37
IV.2 Évaluation de rentabilité :	37
V RESULTAT ET DISCUSSION	38
V.1 Synthèse des études de base	38
V.1 Choix des spéculations	42
V.2 Évaluation de la ressource en eau	42
V.3 Simulation de la retenue	46

V.4 Courbe d'exploitation de la retenue	47
V.5 Choix du système d'irrigation.....	49
V.6 Description générale du réseau semi-californien.....	52
V.7 Dimensionnement préliminaire.....	54
V.8 Configuration et Dimensionnement du système	56
V.8.1 Configuration du système.....	56
V.8.2 Dimensionnement du système d'irrigation	57
V.9 Travaux avant exploitation	65
V.10 Planning d'exécution, entretien et gestion du périmètre	66
VI EVALUTION FINANCIERE DE L'AMENAGEMENT	68
VII NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE	68
VIII CONCLUSION ET RECOMMANDATION	70
IX.1 Conclusion	70
IX.2 Recommandations	70
.....	XLIII
.....	XLIV

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Population de Niangdo à l'horizon 2042[4].....	8
Tableau 2: Matériels utilisés dans l'étude.....	11
Tableau 3: Classification technique des sols[9]	19
Tableau 4: Hypothèse de mise en place de 2 campagnes sèches en plus de la campagne hivernale	20
Tableau 5: facteur de tarissement selon l'ETM de la culture[10].....	24
Tableau 6: Coefficient de la formule de COLEBROOK, CALMON et LECHAPT	29
Tableau 7: Références topographiques	38
Tableau 8 : Résultat des mesures d'infiltrations	41
Tableau 9: Pluies fréquentielles des périodes	43
Tableau 10: Les apports liquides des périodes.....	44
Tableau 11: Les pertes par Évaporations et par infiltrations de la retenue	46
Tableau 12: Les besoins humains et pastoraux à l'horizon 2042	47
Tableau 13: détail du cas 1	48
Tableau 14: Détail du cas 2.....	49
Tableau 15: Comparaison des systèmes d'irrigation en fonction du contexte du projet	50
Tableau 16: Répartition des blocs du périmètre.....	53
Tableau 17: Configuration du réseau des conduites.....	57
Tableau 18: Caractéristiques utilisées pour le choix des pompes	59
Tableau 19: Dimensions de colature	63
Tableau 20: Dimensions de drain.....	64
Tableau 21: Dimensions de la digue de protection en rive gauche et droite.....	64
Tableau 22: Dimension des pistes	65
Tableau 23: Classification de bassin versant en fonction de sa superficie.....	II
Tableau 24: relief en fonction de la Dénivelée spécifique	VI

**Avant-projet détaillé de l'aménagement d'un périmètre irrigué de 15 ha à l'aval du barrage de Niangdo
dans la commune de Poa au Burkina Faso**

Tableau 25 : Paramètres physique et morphologiques du bassin versant	IX
Tableau 26 : Pluviométrie de la station de SARIA	XII
Tableau 27: Points de mesures du double anneau de Muntz.....	XXII
Tableau 28: Caractéristiques des conduites de refoulement	LI
Tableau 29: Dimensionnement de la station de pompage.....	LIII

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Organigramme du bureau d'étude GID.....	3
Figure 2: Carte administrative de la zone d'étude	5
Figure 3: Répartition annuelle des pluies (1992-2019).....	6
Figure 4: Hydrographie de la commune de POA.....	7
Figure 5: Matériels de mesure d'infiltrations (Novembre 2022)	14
Figure 6: Cartographie des points de mesures d'infiltrations	14
Figure 7: Triangle des textures.....	15
Figure 8: représentation de la durée des deux campagnes annuelles	20
Figure 9: GPS différentiel STONEX utilisé dans le cadre des levés topographiques.....	39
Figure 10: Carte topographique du périmètre	40
Figure 11: Simulation pour le choix de 2 campagnes agricoles.....	48
Figure 12: Courbe d'exploitation.....	49
Figure 13: Structure d'une tranchée (Guide technique OIEAU-2013)	59
Figure 14: Point de fonctionnement des motopompes A, B et D.....	61
Figure 15 : Point de fonctionnement de la motopompe C.....	62
Figure 16: Vue en plan d'un bassin partiteur à 2 départs[14].....	62
Figure 17 : Ajustement par la Loi Normal	XIV
Figure 18: Ajustement par la loi de Gumbel	XVI
Figure 19 : Plan de masse du périmètre et de la cuvette du barrage	XXI
Figure 20 : Localisation des points de mesures.....	XXI

LISTE DES FORMULES

Formule 1 : Équation exponentielle de régression non linéaire utilisée dans Minitab	15
Formule 2:Évaporation par POUYAUD	16
Formule 3 : Estimation de la population	17
Formule 4: Formule de EIER-CIEH	17
Formule 5 : Formule de GOTTSCHALK	17
Formule 6 : Formule de KARAMBIRI	18
Formule 7: Besoins nets	21
Formule 8: Besoins bruts.....	22
Formule 9 : Débit fictif continu.....	22
Formule 10 : Débit d'équipement	23
Formule 11 : Quartier hydraulique.....	23
Formule 12 : La réserve utile	24
Formule 13 : La réserve facilement utilisable	24
Formule 14 : Fréquence.....	25
Formule 15 : Le tour d'eau	25
Formule 16 : La dose réelle.....	25
Formule 17 : La dose brute	26
Formule 18 : Temps d'irrigation par poste	26
Formule 19 : Débit en tête de réseau	26
Formule 20 : Formule de continuité.....	27
Formule 21 : Méthodes empiriques.....	27
Formule 22 : Condition de vitesse économique	28
Formule 23 : Pertes de charges linéaires par Calmon Lechapt	28
Formule 24 : Pertes de charges singulières au refoulement	29
Formule 25 : Pertes de charges totales	29

**Avant-projet détaillé de l'aménagement d'un périmètre irrigué de 15 ha à l'aval du barrage de Niangdo
dans la commune de Poa au Burkina Faso**

Formule 26 : Débit en tête de bloc	29
Formule 27 : Charge au niveau des prises.....	30
Formule 28 : Calcul de la hauteur sous radier du bassin.....	30
Formule 29 : HMT et pertes de charges à l'aspiration.....	31
Formule 30 : Estimation de la NPSH disponible	32
Formule 31 : NPSH requis	32
Formule 32 : Hauteur manométrique de refoulement	32
Formule 33 : Hauteur manométrique totale	33
Formule 34 : Détermination de la variation de pression	33
Formule 35 : Puissance de la motopompe.....	34
Formule 36 : Débit de dimensionnement du réseau de colature et la digue de protection.....	35
Formule 37 : Débit de dimensionnement des drains	35
Formule 38 : calcul des dimensions du réseau de drainage	36

FICHE TECHNIQUE DE L'ETUDE

Localisation	
Commune	Poa
Province	Boulkiemdé
Région	Centre-Ouest
Pays	Burkina Faso
Village	Niangdo
Localisation	Longitude : 2°4' 8.77'' O Latitude : 12°15' 50.82 N
Barrage	
Bassin versant	Superficie: 5,21 km² Débit de crue de projet : 36 m³/s Pluviométrie moyenne annuelle : 838 mm Apport en eau moyenne : 599 728 m³/an
Digue	Côte crête : 252 m Longueur : 980 m Largeur en crête : 4 m Hauteur max : 7,5 m Pente de talus amont : 2,5H/1V Pente de talus aval : 2,25H/ 1V
Retenue	PEN : 351 m PHE : 351,80 m Volume au PEN : 584 630 m³ Hauteur de l'eau au PEN : 6,8 m
Évacuateur de crue	Position centrale Type : seuil poids avec bassin de dissipation Débit maximal évacué : 36 m³/s

**Avant-projet détaillé de l'aménagement d'un périmètre irrigué de 15 ha à l'aval du barrage de Niangdo
dans la commune de Poa au Burkina Faso**

Dimensionnement préliminaire	
Superficie du périmètre	12,53 ha
Superficie des parcelles	0,18 à 0,25
Nombre de parcelles total	54
Culture contraignante	Chou
Main d'eau	10 l/s
Temps d'irrigation par jour	10 h
Tour d'eau	3 jours
Nombre de poste par jour	4
Temps de poste d'irrigation	2,17 h
Dimensionnement finale	
Débit d'équipement	3,45 l/s/ha
Dose brute d'irrigation	21,10
Bassins partiteurs	4
Prises par conduite	3 prises doubles
Nombre de bloc	4
Caractéristiques des conduites	PVC
HMT	8 m
Source d'énergie	Thermique

INTRODUCTION

Le secteur agricole est l'un des moteurs de développement dont dispose le Burkina Faso avec **86%** de la population active qui pratique l'agriculture et contribue à hauteur de **40%** au PIB du pays [1]. Cette agriculture majoritairement de subsistance fait face de nos jours aux aléas climatiques qui pousse nombre d'entre eux à développer les pratiques maraichères qui offre plus de possibilités en termes de revenus et d'emplois notamment en saison sèche où l'insécurité alimentaire menaçante s'est accentuée face aux problèmes sécuritaires. Au regard de cette problématique, le Burkina Faso a entrepris avec ses partenaires divers moyens et solutions pour résorber le problème et garantir un accès aux services sociaux de base aux populations surtout en zone rurale. Ainsi, les Nations Unies (UN), à travers son programme de développement (PNUD) en collaboration avec le fond indien ont apporté leur soutien au Burkina Faso dans son Programme National de Développement Économique et Social (PNDES II 2021-2025, axe 4) avec le Programme d'Amélioration des Moyens d'Existence Durables (**PAMED**) dans les régions de la Boucle du Mouhoun et du Centre Ouest. C'est dans ce cadre que la présente étude **d'avant-projet détaillée de l'aménagement hydro-agricole de 15 ha à l'aval du barrage de Niangdo dans la commune de POA** s'inscrit et vise à mobiliser et à valoriser les ressources en eau, à créer des emplois pour la population du village, à soutenir le secteur agro-sylvo-pastoral contribuant ainsi à la réduction de la pauvreté et partant au développement de l'économie locale. Il s'agit de prospecter selon les termes de références (TDRs) un périmètre à aménager en gravitaire sur le site du barrage. Pour bien mener cette étude, le présent rapport s'articulera autour de plusieurs grands points à savoir la problématique et les solutions envisagées, la démarche méthodologique adoptée afin d'aboutir à la présentation des résultats de l'étude, regroupant la présentation de la zone d'étude, la conception de l'aménagement, les orientations sur l'organisation, la gestion du périmètre et enfin l'analyse économique et financière de l'aménagement pour évaluer la rentabilité du projet.

I PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

La présente section a pour logique de décrire la structure en charge de l'étude et de donner une description détaillée du projet. Elle se présentera en plusieurs parties, dont la première portera sur la présentation de la structure d'accueil et le deuxième point sera destiné à la description du projet et de ses objectifs.

I.1 Présentation de la structure d'accueil

I.1.1 Situation géographique

Le bureau d'étude Générale de l'Ingénierie pour le Développement (GID Sarl) se situe au secteur 51 de la ville de Ouagadougou (Karpala) ; à environ 100 m du château d'eau de l'ONEA de Karpala.

I.1.2 Historique et domaines d'activités

Le bureau d'étude Générale de l'Ingénierie pour le Développement (GID Sarl) est une structure axée principalement sur les travaux du bâtiment et des travaux publics (BTP). Il a été créé le 27 octobre 2003 par monsieur Marius SANON qui en est le Directeur Général. Depuis la création Le bureau GID a toujours prouvé son expérience et ces compétences à travers des activités de base comme les études, le contrôle des travaux, le suivi technique. Ainsi ses domaines d'interventions sont les suivantes :

- ✓ Les retenues d'eau (barrages, aménagements de mares naturelles) ;
- ✓ Les pistes rurales et la voirie ;
- ✓ L'alimentation en eau potable (AEPS, PEA, les forages, etc.) ;
- ✓ Les bâtiments (infrastructures sanitaires, sociales, éducatives etc.) ;
- ✓ Les routes en terres et les ouvrages d'art ;
- ✓ L'hydraulique villageoise (puits, forages) ;
- ✓ Les aménagements hydro-agricoles (périmètres irrigués et maraichers, périmètres maraichers, bas-fonds ...).
- ✓ L'appui au développement local.

I.1.3 Organigramme du bureau

Le bureau GID Sarl s'est doté d'un système hiérarchique bien défini pour atteindre leurs objectifs. L'organigramme ci-dessous décrit parfaitement cette hiérarchie :

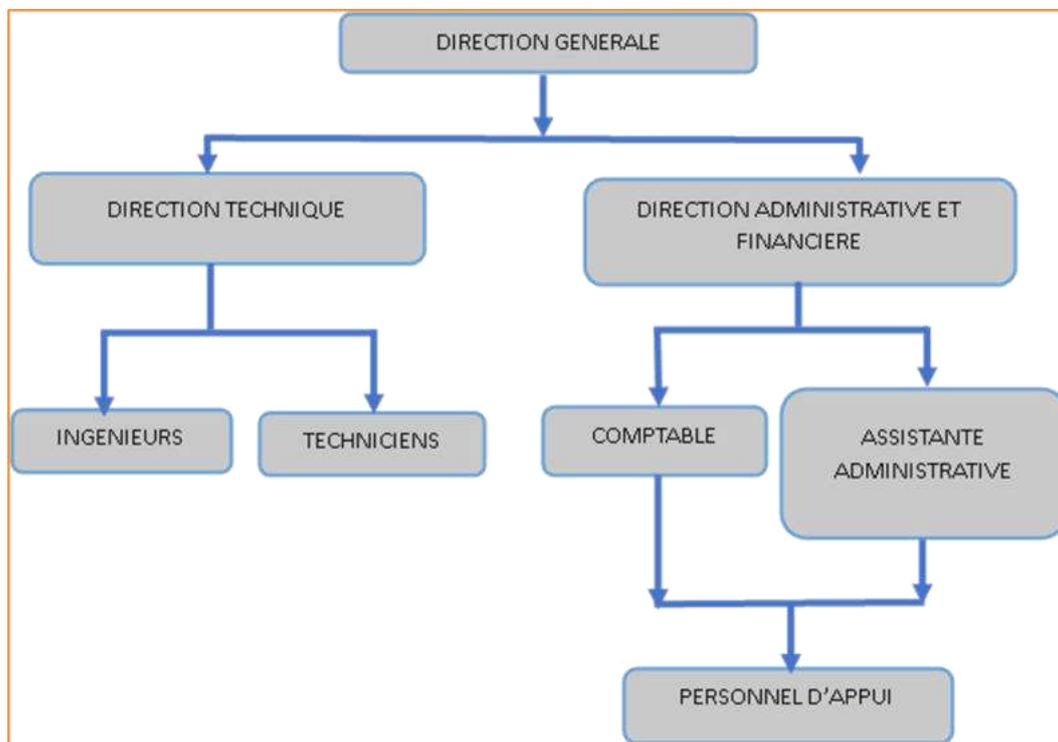


Figure 1: Organigramme du bureau d'étude GID

I.2 Présentation de la zone d'étude

Le site de Niangdo est situé dans la commune de Poa, dans province du Boulkiemdé, région du Centre-Ouest, Burkina Faso. Cette partie porte sur les caractéristiques physiques, géographique et administrative de la région et succinctement de la zone d'étude. Les coordonnées géographiques du site sont :

- ✓ **Longitude** : 2° 4'8.77"O ;
- ✓ **Latitude** : 12°15'50.82"N.

I.2.1 Situation administrative

La région du centre-Ouest a été créée par la loi N° 2001-013/AN du 02 juillet 2001 portant création des régions du Burkina Faso et se compose des provinces du Boulkiemdé, du Sanguié, de la Sissili et du Ziro [2]. La région du centre-Ouest s'étend sur une superficie de 21 891 km², soit 8% du territoire national avec une densité de 76 hbts/km². Elle est subdivisée en 4 provinces, 4 communes urbaines, 38 départements, 34 communes rurales. La région fait frontière avec un (01) pays voisin et six (06) régions du pays, et est représenté comme suit :

- ✓ Au sud par la République du Ghana ;
- ✓ Au nord par la région du Nord ;
- ✓ A l'ouest par les régions de la Boucle du Mouhoun ;
- ✓ A l'est par les régions du plateau central, du centre-Sud et du centre.

La commune de Poa abritant le village de Niangdo, bénéficiaire du projet, s'étale sur une superficie de 231 km² et se situe à 11 km du chef-lieu de la commune, et fait partie des 16 communes de la province du Boulkiemdé. Elle est limitée comme suit :

- ✓ Au sud par la commune de Sabou
- ✓ Au nord par les communes rurales de Nandiala et de Kindi ;
- ✓ A l'ouest par les communes de Ramongo et Niandiala ;
- ✓ A l'est par les communes rurales de Sourougbila, de Bingo et de Kokologho.

La commune de Poa compte dix villages administratifs que sont : Gogo, Loaga, Mougounsi, Niangdo, Noessin, Poa, Ralo, Sogpelcé, Yaoghin et Yargo-Yarcé. On dénombre neuf (09) gros quartiers que sont Zinguedègen, Yarcé, Yargo, Sanyiri, Sabtenga, Ouézelé, Nyonko, Gogen, et Bazan. La commune se situe à 10 km de Sakoinsé (village situé à 60 km de Ouagadougou sur la Nationale N°1 et est traversé par la route nationale N°14 reliant Ouagadougou à Dédougou en passant par Koudougou. La densité de la population au niveau de la commune est de 131,08 habitants au km², ce qui fait de Poa la troisième commune de la province du Boulkiemdé avec une densité élevée après Koudougou et Ramongo. Niangdo, le village qui abrite le projet est situé au centre nord de la commune de Poa à environ 11 km du centre-ville de Poa et à environ 10 km de Sakoinsé. Selon les résultats de l'étude socio-économique, le village de Niangdo serait délimité au Sud par le village de Loaga, au Nord par la localité de Sourougou, à l'Ouest par Saria et à l'Est par le village de Silgo. Le village est traversé par la voie ferroviaire reliant Ouagadougou à Abidjan. La carte administrative comme suit indique l'emplacement du village de Niangdo :

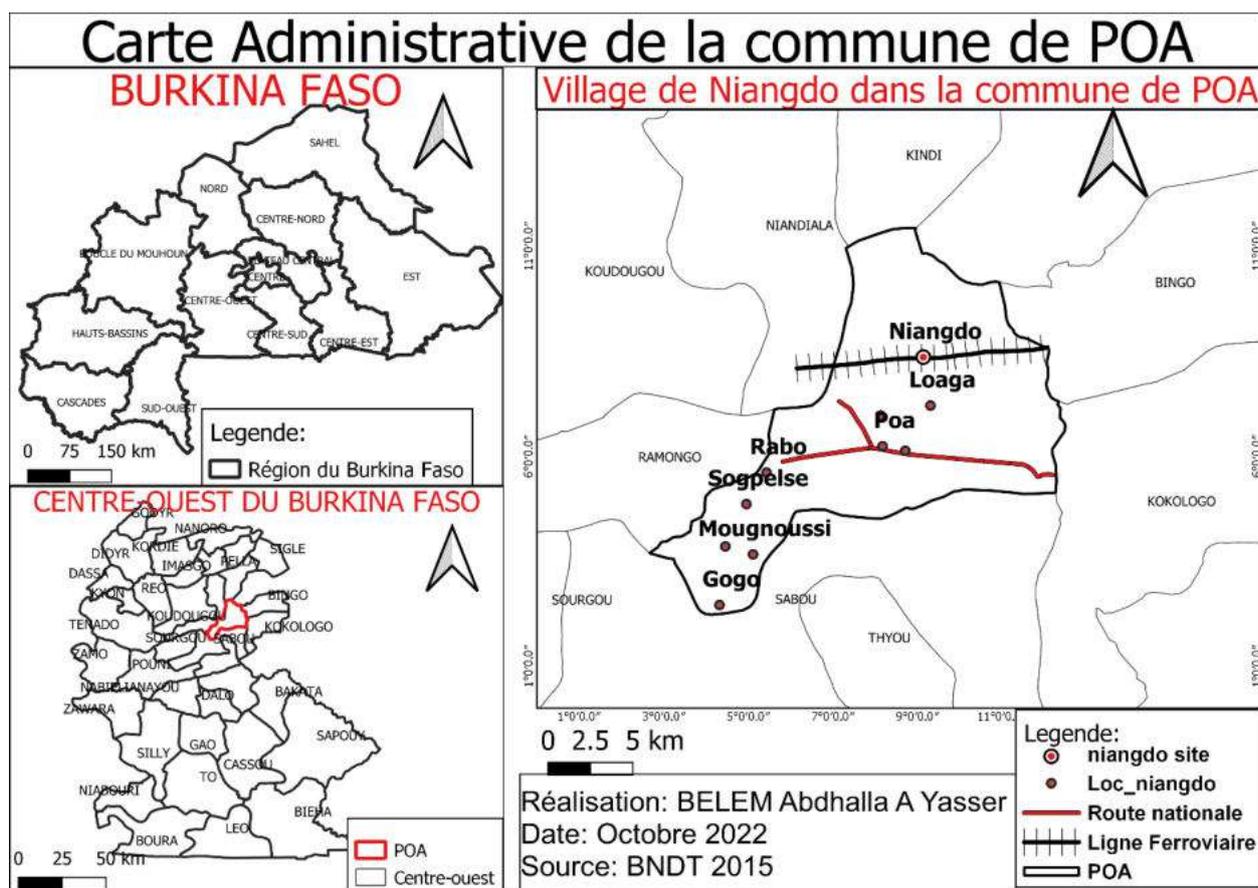


Figure 2: Carte administrative de la zone d'étude

I.2.2 Situation physique et géographique

Cette section du mémoire permet de décrire succinctement la région du centre-nord en mettant l'accent sur l'environnement de la zone d'étude. Elle se présentera en plusieurs points, le premier portera sur le relief, ensuite le deuxième point sur le climat, le troisième point sur la végétation et le dernier parlera de l'hydrographie.

I.2.2.1 Le relief et sols

La région du centre-ouest est dans son ensemble plat avec quelques élévations, surtout dans la province du Sanguié. On y rencontre divers types de sols en fonction des provinces, notamment des sols sablo-argileux, des sols ferrallitiques épais et meubles (dans le Sanguié), des sols ferrugineux (dans le Ziro et le Sanguié) et à des endroits comme les bas-fonds on retrouve des sols érodés, des cuirasses et des sols hydromorphes (dans le Boulkiemdé et le Sanguié)[2].

I.2.2.2 Le climat

Le Centre-Ouest est caractérisé par deux types de climat : le climat nord-soudanien avec une pluviométrie moyenne variant de 600 à 1000 mm par an (les provinces du Boulkiemdé et du Sanguié) et le climat sud-soudanien avec une pluviométrie moyenne supérieure à 1000 mm (Sissili et Ziro). On note une alternance de deux saisons bien marquées, une saison humide qui commence dans la dernière quinzaine du mois de Juin à la première quinzaine du mois de Octobre (04 mois) et une saison sèche s'étalant d'octobre à Mai soit sept (08) mois. Les plus fortes précipitations sont localisées en pleine saison humide, plus précisément en juillet et en août. En ce qui concerne la variation des températures, on enregistre des valeurs maximales de Mars à Avril/Mai (33,6°C en mars ; 34,8°C en avril ; 34,1°C en mai) ; et les valeurs minimales en août (26°C) et septembre (26,6°C). Les mois les plus froids sont les mois de janvier et février avec respectivement 17,6 °C et 19,7 °C. On enregistre des vents dominants en saison pluvieuse qui sont généralement de nature humide et assez violents [3].

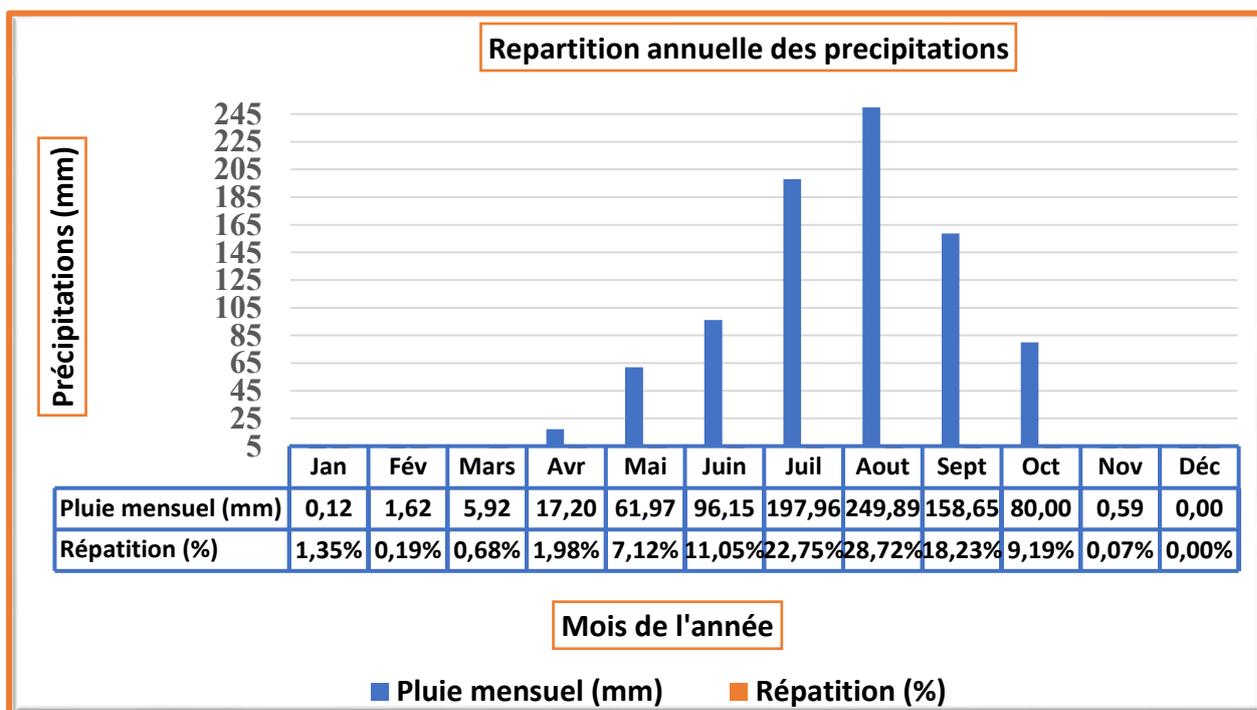


Figure 3: Répartition annuelle des pluies (1992-2019)

I.2.2.3 La végétation

Le couvert végétal de la province du Boulkiemdé se caractérise par une savane herbeuse dominante, des forêts galeries, des savanes arbustives et des savanes herbeuses. Son paysage présente une allure agricole (parc arboré) à dominante d'espèces protégées. La commune de Poa appartient au domaine phytogéographique soudano sahélien caractérisé par la présence de savane arbustive avec une dominance d'arbres épineux.[2]

I.2.2.4 Hydrographie

Le réseau hydrographique de la région du centre-Ouest est caractérisé par des bas-fonds et la présence des fleuves Mouhoun et Nazinon et leurs affluents qui drainent essentiellement la région. Les plus importants bassins versant qui parcourent la zone sont entre autres le Vranso, le Nazinon, et la Sissili. Le site du village de Niangdo est alimenté par les eaux de ruissellement en saison pluvieuse issues des affluents du fleuve Nazinon (cours d'eau temporaire). La commune de Poa bénéficie d'une quantité suffisante d'eau, mais l'essentielle est soumise à l'évapotranspiration, d'autant plus remarquable en saison sèche. La carte ci-dessous illustre l'hydrographie de la commune[2].

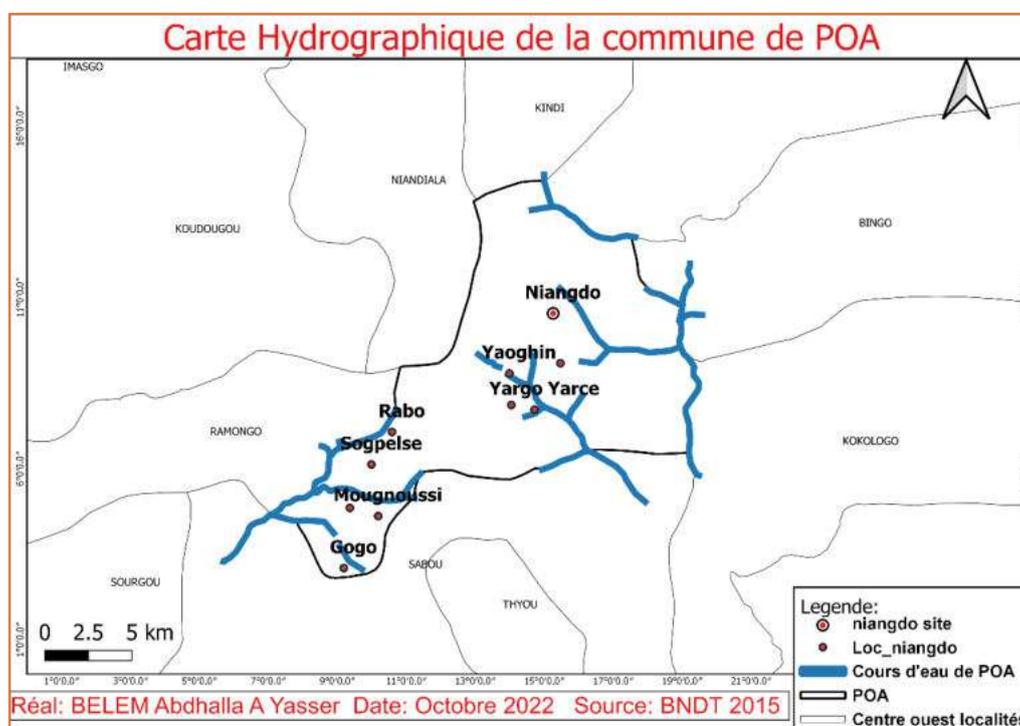


Figure 4: Hydrographie de la commune de POA

I.2.3 Caractéristiques socio-économiques

I.2.3.1 Population

Pour l'estimation de la population active de la zone du projet, la base de calcul de la population a été faite grâce aux données de l'Institut National des Statistiques et de la Démographie (INSD) au terme des résultats définitifs du recensement Général de la Population et de l'Habitat de l'année 2019 (RGPH, 2019). L'effectif de la population de la commune de POA est estimé à **32 097 habitants** (RGPH 2019) dont **13 953 hommes**, **18 144 femmes**. D'après les études

socio-économiques du site, la population du village de Niangdo a une population majoritairement jeune (74% de la population compris entre 0 et 35 ans) qui est constituée environ de 703 ménages, 4919 habitants (41%) dont 1 994 hommes et 2925 femmes (59%). Avec un taux d'accroissement moyen national de 2,3 %, nous obtenons un résultat projeté de la population de Niangdo en 2042 où l'on a 53.69% de femmes et 46.31% des hommes[4]. L'estimation de ces résultats est résumée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1: Population de Niangdo à l'horizon 2042[4]

Population	Année 2019	Année 2022	Année 2042
Femme	1602	1715	2703
Homme	1311	1404	2212
Totale	2913	3119	4915

I.2.3.2 Mouvement migratoire

L'analyse du solde migratoire selon les régions montre un solde négatif pour le centre-Ouest avec 94 498 entrants pour 142 474 sortants [4]. Le village de Niangdo ne fait pas exception à cette tendance, car du fait du manque de ressource en eau, les habitants migrent généralement en saison sèche pour d'autres provinces environnantes (Sissili, Ziro) afin de pratiquer le maraichage. Cette migration touche surtout la tranche d'âge de 20 à 40 ans, ou des familles entières. Les natifs de la région et du village migrent également vers d'autres destinations notamment vers le centre (4.9%) en raison de sa proximité (100km du chef-lieu régionale). Cette dernière est suivie de la région des Hauts-Bassins et de la Boucle du Mouhoun qui regroupent respectivement 1.9% et 1.3% des natifs de la région du centre-ouest résidant dans le pays (exode rural).

I.2.3.3 Agriculture

L'agriculture est l'une des principales activités de la population dans la commune rurale, avec une prédominance des cultures pluviales. A l'instar du reste de la Région, la province du Boulkiemdé est essentiellement agricole et l'agriculture pratiquée est l'agriculture pluviale de subsistance caractérisée par : la faible productivité, l'accès limité aux crédits, l'utilisation moindre des engrais et la faible maîtrise de l'eau. La superficie moyenne par exploitation est de 3 ha avec en moyenne six actifs par exploitation. La jachère a pratiquement disparu sous l'effet de la pression démographique et de l'exploitation extensive du capital foncier.[5] La production

agricole est à dominance céréalière à laquelle s'ajoutent les produits de culture de rente et des cultures vivrières pratiquées. Quant aux cultures de contre saison (maraichage), elle se font dans les provinces environnantes du village du fait de l'abondance en eau. Les terres du périmètre ne sont pas pratiquées pendant la saison sèche par absence de point d'eau. En effet les cours d'eau constituant le réseau hydrographique du village sont issus des eaux de ruissellement qui tarissent rapidement en saison sèche.

I.2.3.4 Élevage

L'élevage est considéré comme l'un des secteurs les plus productifs après l'agriculture. En effet au niveau de la production animale, il constitue une pratique très développée dans la commune. Deux principaux systèmes prédominent à savoir : le système traditionnel extensif transhumant qui est le plus important et est marqué par des migrations cycliques à la recherche de pâturages et de points d'eau; le système traditionnel extensif sédentaire qui est caractérisé par un élevage en association avec l'agriculture ou l'agropastoralisme[6].

II PRESENTATION DU PROJET

II.2.1 Contexte et justifications

Au cœur de l'économie du Burkina Faso, l'agriculture mobilise 86% de la population active du pays et contribue à hauteur de 40% au produit intérieur brut [5]. Cette agriculture majoritairement familiale se voit confrontée à une démographie galopante un réchauffement et un changement climatique qui accentué le caractère alarmant de la croissance socio-économique et agricole du pays. Le pays dispose néanmoins de potentialités naturelles évaluées à 11,8 millions d'hectares (politiques agricoles à travers le monde, Burkina Faso 2014). Soumis à des conditions climatiques particulièrement défavorables, le Burkina Faso a développé, depuis l'indépendance, des stratégies socio-économiques et agricoles visant la croissance économique et le progrès social. Avec les sécheresses des années 1970, des stratégies faisant appel à la maîtrise de l'eau ont été élaboré dans le but de sécuriser et d'améliorer les productions agricoles. Cependant malgré les nombreux programmes et projets de développement de l'Agriculture mis en œuvre, les productions issues des cultures pluviales ne permettent toujours pas de garantir la couverture des besoins alimentaires des populations. C'est pourquoi, le développement des cultures irriguées devient de plus en plus l'une des alternatives prioritaires afin de permettre au pays d'accroître le niveau de sa production et de la sécuriser. En effet la création de petites parcelles agricoles autour de ressources en eau limitées permet aux communautés de répondre aux besoins de leurs cultures pendant au moins une saison de culture. Cette pratique est

couramment employée dans le maraichage. C'est dans ce contexte d'appui au développement rural qu'est née l'idée endogène de construction du barrage de Niangdo dans la commune de Poa (région du Centre-ouest) ainsi que de l'aménagement d'un périmètre irrigué à l'aval dudit barrage, pour mobiliser et valoriser les ressources en eau, créer des emplois pour la population, en vue de contribuer à la réduction de la pauvreté, et de l'insécurité alimentaire. Ce projet s'intègre aux réalisations prévues dans le cadre du Programme d'Amélioration des Moyens d'Existence Durables (PAMED) dans les régions de la Boucle du Mouhoun et du Centre Ouest. C'est ainsi que le Programme des Nations unies pour le Développement (PNUD) qui assure la Maitrise d'Ouvrage délégué du projet a retenu suite à un appel d'offre le bureau d'étude Générale de l'Ingénierie pour le Développement (GID Sarl) pour le suivi-contrôle de la réalisation. Notre mémoire s'inscrit dans le cadre de cette mission confiée au bureau d'étude GID Sarl, précisément il s'agit de proposer une étude d'avant-projet détaillé pour l'aménagement d'un périmètre irrigué de 15 ha à l'aval du barrage de Niangdo.

II.2.2 Objectifs de l'étude

II.2.3 Objectif global de l'étude

Cette étude a pour objectif global de proposer une conception du périmètre irrigué à travers un plan détaillé (Avant-Projet Détaillé) de l'aménagement hydro-agricole au profit de la population du village de Niangdo.

II.2.4 Objectifs spécifiques de l'étude

Les objectifs spécifiques consistent à :

- ✓ Estimer la ressource en eau disponible et faire le choix du système d'irrigation adaptés.
- ✓ Estimer les besoins en eau des cultures et concevoir l'aménagement;
- ✓ Déterminer le coût du projet, évaluer les impacts environnementaux et sociaux et élaborer le planning d'exécution des travaux;

Les résultats attendus au terme de cette étude sont :

- ✓ La vérification de la disponibilité de l'eau en quantité durant tous les cycles des cultures pour projeter la faisabilité de l'aménagement ;
- ✓ Une proposition de plans d'aménagement;
- ✓ L'évaluation du coût de l'aménagement.

III METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Cette section consiste à mettre en évidence les matériels et méthodes utilisés ainsi que la démarche méthodologique adoptée pour atteindre les objectifs spécifiques de l'étude.

III.1 Matériels utilisés

Le matériel et les logiciels utilisés dans le cadre de ce projet sont listés dans le tableau suivant :

Tableau 2: Matériels utilisés dans l'étude

Désignation	Description
Google Earth	Logiciel permettant de géolocaliser, visualiser et représenter des points, surface, distance sur une carte. Il a servi à l'implémentation spatiale du site
Autocad	AutoCAD est un logiciel de dessin technique pluridisciplinaire en 2D et 3D. il nous a permis de dessiner les plans d'aménagement et l'étude du fond topographique du site.
Covadis	Logiciel de topographie, de terrassement, d'infrastructure-VRD et de génie civil dans l'environnement d'AutoCAD. Il a été utilisé pour l'élaboration des profils du réseau d'irrigation.
Global mapper et Surfer	Ces Logiciels ont été utilisé pour l'étude des bassins versants et la conception du plan topographique
QGIS	Logiciel de SIG permettent de recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de données spatiales et géographiques. Il a été utiliser pour réaliser des cartes de situation de la zone d'étude.
Minitab et SWC (Soil Water Caractéristique)	Ces logiciels ont servi à caractériser le sol du site et obtenir la valeur de l'infiltrations après traitement des valeurs obtenues suite aux mesures d'infiltrations.
Désignation	Description
Microsoft Office (Excel, Word, Power Point).	Ensemble de logiciel ayant servi au traitement, et l'analyse de donnée, la rédaction et la présentation du rapport.
UTM Cordinate Converter	Logiciel ayant servi à la conversion des données géographiques.

Zotero	Logiciel permettant de d'ajouter des citations et de générer une bibliographie sur Word.
--------	--

III.2 Cadre générale de la démarche méthodologique

Cette partie mettra l'accent sur les différentes approches menées pour obtenir les résultats. Elle décrira les démarches adoptées pour atteindre chaque objectif spécifique. Elle comporte cinq (5) grands points qui sont la recherche documentaire, la visite du terrain (pour la collecte des données, leur traitement et leur exploitation dans la conception de l'aménagement), une phase d'étude projetée, les études de bases (topographique, pédologique, socio-économique), et le dimensionnement des ouvrages (étude technique).

III.2.1 Recherche documentaire

Dans cette phase il a été principalement question de la collecte et de l'étude de l'ensemble des données de base existantes dans la structure d'accueil et auprès des personnes et logiciels ressources. La revue documentaire a porté spécifiquement sur les documents suivants :

- Les termes de références (TDRs) de l'étude ;
- Les rapports d'étude de base;
- Les données météorologiques;
- Documentation de la bibliothèque 2iE;
- Les informations en ligne.

III.2.2 Visite de terrain

Elle a permis de découvrir le site de l'aménagement et mieux orienté les choix techniques que nous aurons à prendre lors de la conception. Ainsi notre principale tâche durant cette phase a été donc de relever d'abord les caractéristiques physiques propre au site, l'environnement immédiat du site, de s'intéresser sur l'état d'avancement des travaux du barrage qui constituerait la source en eau du périmètre à irriguer, de rencontrer quelques paysans et représentants du village (comité villageois de développement) et ensuite les études de base (topographie, pédologie, socio-économique).

III.2.3 Étude de système adéquat à l'aménagement du site

Cette étape revêt une importance considérable dans la progression du mémoire, car elle constitue le point crucial où nous avons dû sélectionner avec soin un système d'irrigation

approprié. Ce choix était essentiel pour parvenir à un aménagement répondant à la fois aux exigences techniques et aux besoins des bénéficiaires. Nous nous sommes basés sur une comparaison des différents systèmes d'irrigations en se rapportant au contexte du projet. Les systèmes qui ont donc retenu notre attention sont les systèmes sous pression et gravitaire. De manière spécifique l'analyse a été basée sur les critères suivants :

- ✓ Les habitudes de la population vis-à-vis de la technique ;
- ✓ L'adéquation du système avec le site du périmètre ;
- ✓ Le coût de la technique d'irrigation ;
- ✓ L'adéquation du système avec les termes de référence du projet

III.2.4 Étude topographique

L'étude topographique menée a eu pour objectif d'une part de quadriller le périmètre à l'aide d'un GPS différentiel RTK (Real time Kinematic) et de cannes munies de contrôleur qui ont servi aux levés topographiques ; ensuite elle a consisté à l'extraction et au traitement des données collectées pour élaborer le plan topographique sur Covadis. Les levés topographiques ont consisté à utiliser le GPS différentiel pour représenter le terrain et les détails essentiels à l'aide de coordonnées référencées sur la commande de l'appareil. Le traitement des données a consisté à établir le plan de masse du site.

III.2.5 Étude pédologique

À la suite de l'étude topographique, plusieurs missions de terrain ont été menées par le bureau dans le but de déterminer les propriétés hydrodynamiques et les textures des sols. Par la suite nous avons eu à faire une étude complémentaire conformément aux préceptes de notre formation. L'étude pédologique issue des deux méthodes se caractérise donc par deux (02) grandes activités, à savoir les mesures d'infiltration et l'évaluation de l'aptitude des sols.

➤ Mesures d'infiltration

Les mesures d'infiltration permettent de caractériser la capacité d'infiltration d'un sol en écoulement unidirectionnel (vertical)[7]. La capacité d'infiltration étant la quantité d'eau par surface et par unité de temps qui pénètre dans le sol. On s'intéresse ici à la conductivité hydraulique du sol à saturation (K_{sat}). La technique utilisée est la mesure par double anneau. Les deux anneaux sont disposés de façon concentrique sur le sol, puis enfoncés de 5 cm en utilisant un chevron et un marteau. L'enfoncement est réalisé de façon lente et régulière, pour éviter de perturber le sol au voisinage des anneaux. Les deux anneaux doivent être au même

niveau et leur horizontalité est contrôlée avec le niveau à bulle. Le principe du double anneau est de suivre la diminution du niveau d'eau en fonction du temps dans l'anneau interne pour connaître la vitesse d'infiltration sur chaque pas de temps. Les mesures des infiltrations ont été réalisées sur vingt-deux (22) points repartis de façon aléatoire sur l'ensemble du périmètre.



Figure 5: Matériels de mesure d'infiltrations (Novembre 2022)

La répartition spatiale des points de mesures est présentée comme suit :

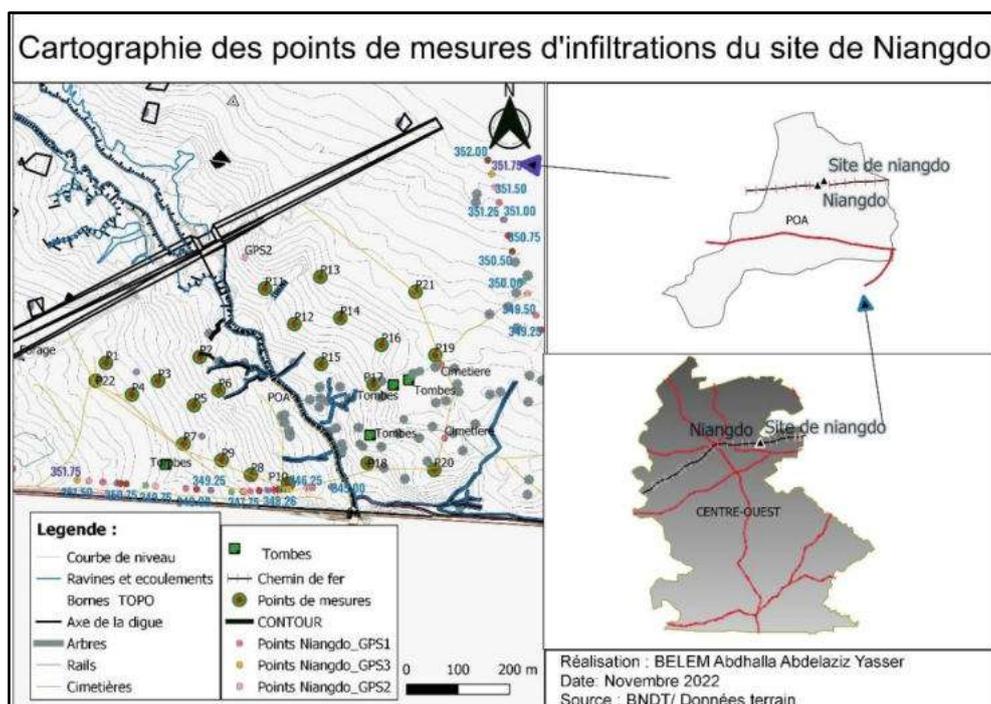


Figure 6: Cartographie des points de mesures d'infiltrations

➤ Traitement des données

A la suite de des mesures d'infiltrations, le traitement des données a consisté à caractériser le sol en déterminant les valeurs de la conductivité hydraulique k_{sat} et la texture des sols. La conductivité hydraulique k_{sat} est déterminée par application de la méthode aux moindres carrés aux données de l'infiltration cumulée. Cette opération a été faite à l'aide du logiciel de statistique **Minitab**. Les données d'entrée dans le logiciel sont : le temps et la lame d'eau infiltrée. Elle est basée sur la régression non linéaire et régi par l'équation exponentielle :

Formule 1 : Équation exponentielle de régression non linéaire utilisée dans Minitab

$K_{sat} \times t + \frac{1}{b} (i_0 - K_{sat}) \times (1 - e^{-bt})$	<p>Ksat : Conductivité hydraulique (mm/h) t : temps écoulé depuis l'instant ' souvent égal à 0), en h. i₀ : vitesse d'infiltration initiale (mm/h) b : paramètre d'ajustement.</p>
---	--

La perméabilité d'un sol et sa texture son liées de telle sorte qu'en fonction de différentes classes de perméabilité on se retrouve dans un type de sols précis. Certaines caractéristiques du sol tels que la classe de texture et humidités caractéristiques, ont été déterminé en introduisant les valeurs des conductivités hydrauliques obtenues à la suite des mesures d'infiltrations dans le logiciel SWC (Soil Water Characteristics). Les proportions des différents constituants du sol en place sont fournies par le logiciel grâce aux triangles de textures.

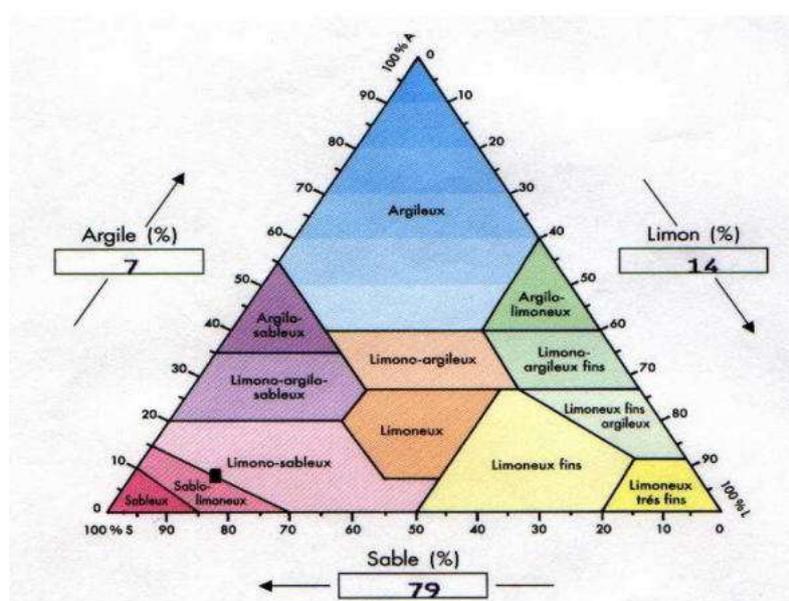


Figure 7: Triangle des textures

III.2.6 Étude de la ressource en eau du barrage

Nous avons pour objectif d'entreprendre une étude sur les modalités de remplissage du barrage afin de déterminer si la réserve en eau de la retenue sera en mesure de répondre aux multiples besoins agro-pastoraux liés à la mise en place d'un nouvel aménagement agricole. Cette étude aboutira à la simulation des besoins et différentes pertes sur la courbe d'exploitation du barrage. Le détail des paramètres physiques et géomorphologiques est en annexe 1.

III.2.7 Estimation pertes en eau

✓Évaporation :

A partir des valeurs d'évaporation d'un bac, il est possible d'établir une corrélation avec les valeurs d'évaporation d'un lac par la formule de POUYAUD (COMPAORE, 1996).

Formule 2:Évaporation par POUYAUD

$E_{lac} = 1.664 \times E_{bac}^{0.602}$	E _{lac} : évaporation du plan d'eau (mm/j) E _{bac A} : évaporation au bac A (mm/j)
--	---

Les pertes par évaporation au niveau du plan d'eau de la retenue sont évaluées à partir de l'évaporation annuelle moyenne mesurée au Bac A (bac d'évaporation) à station de Saria.

✓Infiltration :

Les infiltrations au niveau de la cuvette des barrages en Afrique subsaharienne varient entre 1 et 3mm/j [8]. Pour le site de Niangdo étant en zone soudano-sahélienne, en considérant le caractère relativement imperméable de la cuvette nous considérerons une valeur de 2mm/j pour l'estimation des infiltrations.

III.2.8 Estimation des besoins pastoraux :

Les besoins en eau pastoraux ont été estimés à partir du nombre de bétail à desservir et de la consommation qui est de 40 litres/jour/UBT pour le gros bétail et 5 litres/jour/UBT pour le petit bétail. La population d'UBT a été actualisée avec des taux d'accroissement qui sont respectivement de 2% et 3% [6]. La formule suivante donne l'estimation de la population.

Formule 3 : Estimation de la population

$P_n = P_0(1 + T_x)^n$	P _n : population à l'échéance du projet P ₀ : population initiale N : nombre d'années T _x : taux d'accroissement
------------------------	--

✓ Besoins domestiques :

Compte tenu de la proximité du plan d'eau avec les habitats du village de Niangdo, une partie de la population et des environs immédiats aura recours au plan d'eau du barrage pour leurs besoins en eau. Il s'agit essentiellement des besoins pour les activités de construction (confection de briques, constructions...), l'artisanat et certains besoins domestiques de lavage. En considérant une population de Niangdo de 2913 habitants [4] et un taux d'accroissement moyen national de 2.3%, nous estimerons la population du village de Niangdo à l'horizon du projet (2042). Ainsi pour les besoins domestiques d'après les enquêtes faites sur le terrain et en relation avec la documentation nous décidons d'allouer 20 litres/jour/habitant (COMPARORE, 1996) et nous adoptons l'hypothèse qu'environ 50% de la population estimée aura recours au barrage pour leur besoins domestiques.

✓ Les dépôts solides :

Il existe tout un ensemble de formules permettant d'évaluer de manière plus ou moins fiable l'importance des apports solides. Nous avons estimé les dépôts en faisant la moyenne des valeurs de dépôts des formules de GOTTSCHALK, Formule de EIER- CIEH (GRESILLON), de (KARAMBIRI, 1998). Ces formules sont les suivantes :

Formule 4: Formule de EIER-CIEH

$D = 700 \times \left(\frac{P}{500}\right)^{-2,2} \times S^{-0,1}$	P = Pluviométrie moyenne annuelle (mm) S = Superficie du Bassin versant (Km ²) D = Dégradation spécifique (m ³ /Km ² /an)
--	---

Formule 5 : Formule de GOTTSCHALK

$D = 260 \times S^{-0,1}$	S = Superficie du Bassin versant (Km ²) D = Dégradation spécifique (m ³ /Km ² /an)
---------------------------	---

Formule 6 : Formule de KARAMBIRI

$D = 137 \times \left(\frac{P}{700}\right)^{-2,02}$ $\times S^{-0,05} \times [0,05$ $+ 1,13 \times (h + r)]^{1,15}$ <p align="center">ET</p> $V_S = D \times S \times n$	<p>H : paramètre anthropique, pris ceci égale à 0,55 (Bassin versant comportant des petites villes et des villages moyens) ;</p> <p>R : paramètre morphologique, pris égale à 0,55 (Relief moyen) ;</p> <p>P : la pluviométrie moyenne annuelle (mm) ;</p> <p>S : la superficie du bassin versant (km^2) ;</p> <p>D : la dégradation spécifique annuelle ($m^3 km^2 / an$) ;</p> <p>V_S: Volume de dépôts solides (m^3 / an)</p> <p>N : la durée de vie de l'ouvrage.</p>
--	---

III.3 Méthodologie de conception de l'aménagement

III.3.1 Choix du système d'irrigation

Le système d'irrigation est choisi en tenant compte des habitudes culturelles dans la zone, les types de cultures choisies, la typologie du terrain présent sur le site, la maîtrise du système d'irrigation, mais aussi des termes de références (TDR) du projet en lui-même. Ainsi les points clés qui serviront de base de choix du système d'irrigation sont :

- ✓ La facilité d'application
- ✓ Une maintenance
- ✓ L'adéquation avec les termes de référence du projet
- ✓ Le cout d'investissement et d'entretien
- ✓ La maîtrise du système par les producteurs

III.3.2 Principe de dimensionnement

✓ **Étude technique du système d'irrigation :**

L'étude ne concerne que le système d'irrigation choisi pour l'aménagement du périmètre de Niangdo. Ainsi ce sont les variantes de cultures et les hypothèses de dimensionnement qui seront l'objet de l'étude technique du périmètre irrigué.

✓ **Choix des cultures :**

Le choix des cultures a été fait sur la base des paramètres suivant :

- ✓ Chaque culture a un type de sol qui lui permet de bien se développer. Sur cette base le type de spéculation varie en fonction des caractéristiques pédologiques.
- ✓ Les retombées socio-économiques : les cultures doivent être en adéquation avec le mode de vie de la population et leur alimentation tout en apportant une plus-value financière.
- ✓ Le choix doit prendre en compte les études et enquêtes menées dans la localité.

Tableau 3: Classification technique des sols[9]

N°	Types de sols	Classification technique (aptitude provisoire) : cultures adaptées au type de sol
1	Sols bruns eutrophes tropicaux ferruginisés	Riz, sorgho, mil, chou, laitue, tomate, oignon, aubergine, carotte, haricot vert
2	Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés superficiels	Arachide, niébé
3	Sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés peu profonds	Arachide, niébé, sorgho, mil, sésame
4	Sols ferrugineux tropicaux lessivés à tâches et concrétions	Riz, chou, laitue, tomate, oignon, aubergine, carotte, haricot vert
5	Lithosols sur cuirasse	Intérêt agricole nul pouvant servir de pâturage

Le site de Niangdo ayant pour vocation une agriculture maraichère, nous nous intéresserons aux cultures qui y sont référées. Les cultures maraichères surtout en saison sèche permettent aux producteurs d'accroître leur revenu et leur résilience à l'insécurité alimentaire et à la pauvreté. Cependant dans le village de Niangdo du fait de l'insuffisance de source d'eau pérenne la culture maraichère n'est pas pratiquée privant ainsi les exploitations agricoles d'une source de revenu. Ainsi avec l'avènement du barrage et l'aménagement du périmètre irrigué, une opportunité d'accroissement et de diversification des pratiques agricoles se présente dans le village. Le maraichage en cultures de contre saison ne pourra démarrer qu'avec la fin des travaux champêtres de la saison hivernale. Ainsi au travers de la visite du site, les entretiens avec les exploitants, les études agro-pédologiques et socio-économiques sur le site de Niangdo, les principales spéculations actuellement exploitées dans la zone et envisagées sur le site après aménagement sont les suivantes :

- Le riz en saison pluvieuse
- Le maraichage en saison sèche

✓ Le calendrier cultural

Pour le dimensionnement des ouvrages du périmètre projeté, l'hypothèse suivante est considérée :

Tableau 4: Hypothèse de mise en place de 2 campagnes sèches en plus de la campagne hivernale

Hypothèses	Spéculations	Période	Durée (mois)	Nombre de campagnes
N°1	Riz pluvial	15 juin au 15 octobre	4	3
	Maraichage/oignon, tomate, chou	15 octobre au 15 Mars	5	
	Maraichage/haricot vert	15 Mars au 15 Juin	3	

Cultures	Activités	periode sèche							periode hivernale					
		Oct	Nov	Déc	janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aôut	Sept	Oct
chou, Tomate Oignon, Haricot vert	pépinière	■												
	repiquage		■											
	culture			■	■	■	■							
	recolte						■	■						
									■					
										■				
Riz pluvial	pépinière								■					
	repiquage									■				
	culture										■	■		
	recolte												■	■

Figure 8: représentation de la durée des deux campagnes annuelles

III.3.3 Évaluation des besoins en eau des cultures

Les besoins en eau sont évalués en fonction de la pluie mensuelle et l'évapotranspiration potentielle de PENMAN mesuré à la station synoptique de Ouagadougou, puis des coefficients culturaux tirés à partir du bulletin n°33 de la FAO au cours de la même période. Les besoins en eau seront estimés dans un objectif d'irrigation totale par des arrosages réguliers des parcelles jusqu'à la maturation des cultures. Les valeurs mensuelles des pluies efficaces sont déterminées

par l'équation suivante tirée du manuel de la FAO sur les techniques d'irrigation sous pression (FAO, 1987) :

- Si $P < 75$ mm alors $P_{eff} = 0,6 \times P_{moy}$ / mois
- Si $P > 70$ mm alors $P_{eff} = 0,8 \times P_{moy}$ / mois

La campagne sèche devra être entièrement assurée avec un apport régulier d'eau à partir de la retenue du barrage, tandis qu'il s'agira d'une irrigation de complément en appoint notamment en cas de poche de sécheresse. Les paramètres à identifier pour l'estimation des besoins sont les suivantes :

✓ **Besoins nets :**

Les besoins en eau d'irrigation sont déterminés en fonction des conditions climatiques de la région et des cultures retenues au niveau du périmètre. Les besoins bruts en eau des cultures s'expriment par :

Formule 7: Besoins nets

$B_n \left(\frac{mm}{j} \right) = K_c \times ETP - P_e + D_s$ <p>Avec</p> $K_c = \frac{K_{ci} \times N_i + K_{cj} \times N_j}{N}$	<p>B_n : Besoins nets des cultures (mm) ;</p> <p>K_c : coefficient cultural caractéristique de la culture et de son stage végétatif ;</p> <p>ETP : Évapotranspiration potentielle calculée selon la formule de PENMAN (mm) ;</p> <p>D_s : Variation du stock d'eau dans le sol (négligeable) ;</p> <p>P_e : Pluie efficace (mm).</p> <p>N : nombre de jours du mois considéré ;</p> <p>K_{ci} : Coefficient cultural du mois considéré.</p>
--	---

✓ **Besoins bruts :**

Ils représentent les besoins évalués en tête du périmètre. Ils prennent en compte les différentes pertes qui peuvent survenir le long de la conduite.

Formule 8: Besoins bruts

$BB (mm) = B_N \times E_g$ <p>Avec $E_g = E_p \times E_r$</p>	<p>B_n : Besoins nets des cultures (mm) ; BB : Besoins bruts en tête de systèmes (mm) ; E_g : efficacité globale, égale au produit de l'efficacité à la parcelle (E_p) et de celle du réseau (E_r).</p>
--	---

✓ Besoins de pointe :

Les besoins de pointe correspondent à la demande maximale ayant lieu pour les différentes dates de semis. Cette demande maximale permet de déterminer le débit d'équipement du réseau de distribution du périmètre.

III.3.4 Détermination des paramètres d'irrigation

En fonction de la taille du périmètre, le réseau d'irrigation est constitué de conduite de transport, conduites primaires, sous primaires, conduites secondaires, tertiaires.

Le dimensionnement de ces conduites se fait en tenant compte du débit, de la vitesse et des pertes de charge engendrées lors du transport de l'eau. Les paramètres de calage des canalisations sont :

✓ Débit fictif continu (DFC) :

C'est le débit qui, fourni d'une façon continue 24 heures sur 24, permet de satisfaire les besoins en eau d'une période donnée. Le débit fictif s'exprime comme suit :

Formule 9 : Débit fictif continu

$DFC (l/s/ha) = \frac{Bb (période) \times 10000}{3600 \times 24 \times Nj}$	<p>B_b : Besoins bruts de la période considérée (mm/mois) ; N_j : nombre de jours d'irrigation</p>
---	---

✓ Durée d'irrigation (N_h) :

C'est la durée admissible d'irrigation arrêtée en accord avec les usagers et qui tient compte de la pénibilité du travail, de la disponibilité des irrigants, de l'entretien et réparations des réseaux. C'est un facteur influençant le calcul des caractéristiques des conduites et de la pompe. Ainsi, nous considérerons une durée de **10 heures** par jour jugée raisonnable pour une irrigation contrôlée en fonction des habitudes culturelles des populations.

✓ **Débit maximum de pointe (DMP) ou débit d'équipement (Qe) :**

Le débit maximum de pointe (DMP) est le débit correspondant au mois de pointe, ajusté au temps réel de mise en service du réseau de distribution, pour la durée d'irrigation retenue pendant la journée. Il est le débit de dimensionnement du réseau d'irrigation en tenant compte des besoins de pointe, de la dose d'irrigation et de la durée d'irrigation (PAFASP, 2011).

Formule 10 : Débit d'équipement

$DMP ((l/s)/ha) = \frac{BB (période) \times 10000}{3600 \times J \times Nh}$	BB : besoin brut (mm/mois) ; J : le nombre de jours d'irrigation (26) ; Nh : le nombre d'heure.
--	--

✓ **Choix de la main d'eau (m) :**

La disponibilité en eau, connue sous le terme de "main d'eau", représente le débit dont un irrigant dispose en amont de sa parcelle, sans être entravé dans son travail en raison d'un apport insuffisant ou submergé par un apport excessif. Ainsi Plus la main d'eau sera grande plus il y'aura des difficultés de maîtrise, plus elle est petite, plus le temps d'arrosage est long. Les valeurs de la main d'eau vont généralement de 7 à 50 l/s (PAFASP, 2011).

✓ **Quartier hydraulique (W) :**

C'est la surface de l'ensemble des parcelles qui peuvent être irriguées à partir d'une même main d'eau. Il est calculé par la formule suivante :

Formule 11 : Quartier hydraulique

$W (ha) = \frac{m (l/s)}{DMP ((l/s)/ha)}$

III.3.5 Organisation de l'arrosage

✓ **La réserve utile (RU) :**

La réserve utile (RU) est la quantité d'eau disponible dans le sol que la culture peut utiliser pour sa maturation. Elle est une fonction de l'humidité au point de flétrissement et de l'humidité à la capacité au champ. Pour le présent projet, la RU a été obtenu à partir des études du sol.

Formule 12 : La réserve utile

$RU(cm/m) = (\theta_{FC} - \theta_{WP})$	θ_{FC} Humidité (%) a la capacité au champ θ_{WP} : humidité (%) au point de flétrissement
--	---

✓ **La réserve facilement utilisable (RFU) ou dose pratique DP :**

La réserve facilement utilisable (RFU) est la hauteur d'eau nécessaire pour compenser l'eau perdue par évapotranspiration en puisant dans le sol.

Formule 13 : La réserve facilement utilisable

$RFU (m) = p \times RU (m/m) \times Zr (m)$	<p>P : facteur de trissement fonction de l'évapotranspiration et du groupe de la plante</p> <p>Zr : la profondeur d'enracinement maximale de la plante</p>
---	--

En tenant compte du fait que toutes les cultures se succèdent sur le même périmètre, il serait avisé de prendre en considération la profondeur racinaire maximale parmi toutes les cultures afin de dimensionner le réseau. Cela permettrait de calculer une dose pratique plus élevée et, par conséquent, de garantir un débit substantiel à acheminer[10]. Le tableau suivant montre le facteur de tarissement en fonction du groupe de la culture et de l'ETM

Tableau 5: facteur de tarissement selon l'ETM de la culture[10]

Groupe	Valeur de l'ETM (mm/jour)								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,5	0,425	0,35	0,3	0,25	0,225	0,2	0,2	0,175
2	0,675	0,0,57	0,475	0,4	0,35	0,325	0,275	0,25	0,225
3	0,675	0,575	0,475	0,4	0,35	0,325	0,275	0,25	0,225
4	0,8	0,7	0,6	0,5	0,45	0,425	0,375	0,35	0,3
Groupe									
1	Oignon, piment, pomme de terre								
2	Banane, choux, raisin, pois, tomate								
3	Tournesol, haricot, agrumes, arachide, ananas, pastèques, blé								
4	Coton, maïs, olive, sorgho, soja, betterave à sucre, canne à sucre, tabac.								

✓ **Fréquence (F) :**

La fréquence est le temps pendant lequel la plante épuise l'humidité du sol. Autrement dit c'est le nombre de fois qu'il faut irriguer par mois pour maintenir l'humidité du sol dans des limites acceptables. Elle se définit comme suit :

Formule 14 : Fréquence

$F(j) = \frac{RFU(mm)}{BMP(mm/j)}$	BMP : le besoin maximum de pointe. RFU : la réserve facilement utilisable par la plante.
------------------------------------	---

✓ **Tour d'eau (T) :**

Le tour d'eau est défini comme étant l'intervalle de temps compris entre deux arrosages sur une même parcelle. C'est sur la même parcelle, la fréquence réellement adoptée. Le tour d'eau est une valeur toujours fixée inférieure ou égal à la fréquence en fonction de la formule $T(j) \leq F(j)$.

Formule 15 : Le tour d'eau

$T(j) = E\left(\frac{Nj(\text{période})}{N}\right)$	E : partie entière T : Tour d'eau (j) Nj : Nombre de jour de la période N : Fréquence
---	--

✓ **Dose réelle (Dr) :**

Elle est la quantité d'eau journalière que la culture a réellement besoin pour satisfaire son besoin en eau. Elle est le produit des besoins maximums de pointe et le tour d'eau. La dose réelle a été déterminée par la formule suivante :

Formule 16 : La dose réelle

$Dr(mm) = T(j) \times BMP(mm/j)$	Dr : dose réelle T : tour d'eau BMP : besoin maximum de pointe
----------------------------------	--

✓ **Dose brute (Db) :**

Elle est la quantité d'eau apportée à la plante en tenant compte des différentes pertes dues au réseau à l'entrée de la parcelle. Elle est la dose apportée à la plante en fonction de l'efficacité d'application (E_a) et a été déterminée de la façon suivante :

Formule 17 : La dose brute

$D_b (mm) = D_r (mm) \times E_a$	E_a : efficacité qui est fonction du climat et est rapport entre l'eau disponible pour les cultures et l'eau reçue à l'entrée de la parcelle
----------------------------------	--

✓ **Unité parcellaire**

Le parcellement de la zone à aménager a été fait en tenant compte des raisons économiques (équipements moins chères et durable, la disponibilité des pièces de maintenance, la facilité d'entretien et de gestion) et de la masse communautaire bénéficiaire. Le partage des secteurs se fait en parcelles identiques et selon une même taille, afin de faciliter l'exploitation et satisfaire la forte demande. Cette taille en générale est fixée à 0,25 ha. Le but de ces parcelles identiques est de pouvoir uniformiser les paramètres d'irrigation par secteur.

✓ **Temps d'irrigation par poste (T_a) :**

Il équivaut au nombre d'heures maximales pour irriguer une parcelle Son expression est la suivante :

Formule 18 : Temps d'irrigation par poste

$T_a (h) = 3600 \times \left(\frac{D_b (mm) \times 10000 \times S (ha)}{m (l/s)} \right)$	D_b : dose brute de pointe S : la superficie parcellaire M : la main d'eau
--	--

✓ **Débit totale en tête de réseau :**

Il se calcule de la manière suivante :

Formule 19 : Débit en tête de réseau

$Q_{tot} (l/s) = q_e ((l/s)/ha) \times A (ha)$	q_e : Débit d'équipement A : la superficie totale e à irriguer
--	---

III.3.6 Dimensionnement et calage du système d'irrigation

III.3.6.1 Disposition du système d'irrigation

Le site à aménager à l'aval du barrage de Niangdo est constitué de deux (2) périmètres séparés par l'axe d'écoulement du cours d'eau alimentant le barrage (chenal) : l'une sur la rive gauche et l'autre sur la rive droite. Dans le cadre de notre étude nous avons fait les choix suivants :

✓ **En rive droite comme en rive gauche nous aurons des blocs indépendants l'un de l'autre.**

✓ **L'alimentation des périmètres des deux rives se fera au travers des prises à l'aval du barrage.**

III.3.6.2 Dimensionnement des conduites d'irrigation

✓ Diamètre des conduites de distribution

Le réseau d'irrigation comprend des canalisations de refoulement et de distribution en PVC enterrées à une profondeur d'environ un mètre. Il est crucial que la vitesse dans les conduites soit maintenue dans une plage optimale afin de prévenir les problèmes de cavitation et de dépôt. En règle générale, la vitesse dans les conduites sous pression en matériaux plastiques ne doit pas dépasser 1,7 m/s (A KEITA 2009), pour assurer un fonctionnement optimal. Il est tout de même préférable d'opter pour une valeur de 1 m/s afin de garantir des vitesses non érosives.

Connaissant le débit qui transite dans les conduites, le calcul du diamètre des conduites de distribution se fait à partir de la formule usuelle (formule de continuité) comme suit :

Formule 20 : Formule de continuité

$D (mm) = 1000 \times \sqrt{\frac{4 \times Q(m^3/s)}{\pi \times V(m/s)}}$	<p>D: Le diamètre Q : le débit V : la vitesse d'écoulement</p>
---	---

Pour le dimensionnement des conduites de refoulement l'utilisation des formules empiriques suivantes a été essentielles :

Formule 21 : Méthodes empiriques

<p>Bresse : $D_{th}(mm) = 1,5 \times Q^{0,5} \times 1000$</p> <p>Bresse modifié : $D_{th}(mm) = 0,8 \times Q^{\frac{1}{3}} \times 1000$</p> <p>Bedjaoui : $D_{th}(mm) = 1,47 \times Q^{0,5} \times 1000$</p>	<p>Dth: Le diamètre théorique Q : le débit transitant dans la conduite (m³/s) Tp : le temps de pompage</p>
--	---

Meunier : $D_h(mm) = (1 + 0,02 \times T_p) \times Q^{0,5} \times 1000$	
--	--

Pour chaque diamètre nominal retenu, on calculera la vitesse de refoulement avec la formule de continuité. Ainsi la vitesse doit vérifier les conditions de vitesse économique (0,65 ; 1.2 m/s) Les conditions de flamant et de GLS ci-dessous permettent de trouver les diamètres qui vérifient la vitesse économique :

Formule 22 : Condition de vitesse économique

<p align="center">Condition de GLS :</p> $U_{ref} (m/s) \leq \left(\frac{DN(mm)}{50} \right)^{0,25}$ <p align="center">Condition de Flamant :</p> $U_{ref} (m/s) \leq 0,6 + \frac{DN (mm)}{1000}$	<p>DN: Le diamètre retenu pour la conduite de refoulement ;</p> <p>Uref : la vitesse de refoulement.</p>
--	---

✓ **Evaluation des pertes de charges des conduites**

- Pertes de charges linéaires (J1)

Estimation des pertes de charges est fait en utilisant les formules empiriques. Une comparaison de trois formules couramment utilisées nous ont permis de sélectionner celle qui est plus précise en termes d'estimation des pertes de charges. Ainsi celle de Calmon-Lechapt (valeur approchée de 3% près des pertes de charges calculées par la formule générale) a été utilisé. La formule se définit comme suit :

Formule 23 : Pertes de charges linéaires par Calmon Lechapt

$J_{AB} = a \times \frac{Q^n}{D^m} \times L_{AB}$	<p>JAB [m] : Perte de charge linéaire dans le tronçon AB ;</p> <p>Q [m3/s] : le débit d'écoulement dans le tronçon ;</p> <p>LAB [m] : longueur du tronçon AB ; a, n, m : paramètre fonction de la nature de la canalisation. (PVC : a = 9.16.10⁻⁴ ; n = 1.78 ; m = 4.78)</p>
---	---

Tableau 6: Coefficient de la formule de COLEBROOK, CALMON et LECHAPT

Matériaux	a	N	M
Mortier de ciment centrifugé	1.049 .10 ⁻³	1.88	4.93
Métal neuf	1.100 .10 ⁻³	1.89	5.01
Béton centrifugé	1.160 .10 ⁻³	1.93	5.11
Fonte acier revêtement ciment	1.400 .10 ⁻³	1.96	5.19
Fonte acier non revêtu neuf	1.601 .10 ⁻³	1.975	5.25
Fonte acier non revêtu ancien	1.863 .10 ⁻³	2	5.33
PVC	1.101 .10 ⁻³	1.84	4.88
PVC diamètre D tel que 50 ≤ D ≤ 200 mm	0.916.10 ⁻³	1.78	4.78
PVC diamètre D tel que 250 ≤ D ≤ 1000 mm	0.971.10 ⁻³	1.81	4.81

Source :
Deboissson, 1985

- Pertes de charges singulières (Js)

Elles résultent des singularités des conduites (changement de direction, de section, raccordement, ...) et représentent en général 10% de la valeur des pertes de charges linéaires.

Formule 24 : Pertes de charges singulières au refoulement

$$J_S = 10\% J_{AB}$$

- Pertes de charges totales

Elles regroupent les pertes de charges singulières et linéaires et se définit comme suit :

Formule 25 : Pertes de charges totales

$$J_t = J_{AB} + J_S \text{ ou } J_t = 1,1 J_{AB}$$

- Débit

Le débit dans les conduites sera égal au produit de la main d'eau et du nombre de parcelle à irriguer :

Formule 26 : Débit en tête de bloc

$$Q = m \times N$$

III.3.6.3 Charge hydraulique et calage des prises parcellaires

Les prises sont des dispositifs qui délivrent l'eau d'irrigation à la parcelle. Ces prises jouent le rôle de vannes, fixées à l'extrémité haute de la rehausse associée à un ouvrage de génie civil pour fixation et protection. Elles sont placées à l'extrémité en terrain en pente pour dominer toute la parcelle. La charge hydraulique est la hauteur d'eau nécessaire dans le bac pour délivrer le débit demandé au niveau de chaque prise du réseau. Pour cela on imposera une charge minimale de 0,4 m au niveau des prises. La charge hydraulique est donnée par la relation suivante :

Formule 27 : Charge au niveau des prises

$Z_{imp} = C_{TN} + 0,4$	Z_{imp} : Charge au niveau de la prise C_{TN} : Côte terrain naturel de la prise
--------------------------	---

III.3.6.4 Dimensionnement du canal arroseur

Les prises d'irrigation sont connectées à des canaux qui acheminent l'eau dans les sillons des parcelles. Ils sont réalisés en terre et véhiculent un débit égal à la main d'eau transitant dans les sillons des parcelles. Leur réalisation est confiée à la responsabilité des exploitants.

III.3.6.5 Dimensionnement du bassin partiteur

✓ Critères de dimensionnement

Le bassin partiteur est un ouvrage de répartition de débit et de mise en charge. Au niveau des périmètres aménagés en semi-californien, c'est un ouvrage statique. Ils sont dimensionnés pour recevoir en un premier lieu l'eau qui arrive sous pression en provenance de la station de pompage, dissiper son énergie et la restituer au réseau de distribution sous basse pression.

Ainsi la charge dans le bassin se calcule comme suit :

Formule 28 : Calcul de la hauteur sous radier du bassin

$H_b = \text{Max}(Z_{TN} + 0,4; H_{pr1} + pdc1; H_{pr2} + pdc2 \dots)$	H_b : Charge hydraulique au bassin partiteur Z_{TN} : Cote terrain du bassin partiteur ; H_{pr} : Charges hydrauliques requises des prises ; Pdc : Pertes de charge dans les conduites.
--	--

✓ **Longueur du seuil et lame déversante (hauteur de l'eau au-dessus du seuil) :**
Hypothèse : Fonctionnement du déversoir en situation dénoyée :

Les déversoirs sont généralement situés à une certaine côte au-dessus du terrain naturel afin de permettre la mise en charge des conduites PVC situées à l'aval de l'ouvrage. Le fonctionnement en situation dénoyée permet une répartition calibrée des débits dans les déversoirs d'un même bassin partiteur [11].

✓ **Caractéristique du bassin partiteur**

Le calage du bassin partiteur passe par la détermination des paramètres nécessaires pour transmettre la charge demandée en aval du réseau. Le dimensionnement doit se faire de telle sorte à déterminer la revanche r , l'épaisseur du seuil, la hauteur (h), la longueur et la largeur du bassin, la hauteur critique (h_c). Les formules des paramètres sont en annexe 6.

✓ **Dimensionnement de la station de pompage**

Elle est indispensable dans le système semi californien pour la mise en charge de l'eau d'irrigation. Son rôle est de relever le niveau d'eau d'irrigation depuis l'ouvrage de captage jusqu'au point de départ du réseau de distribution, Elle est constituée des éléments suivants : la plateforme de pompage, La motopompe, L'abri de la motopompe. La meilleure solution pour l'emplacement de la station quand elle est possible est la construction en aval du barrage et en charge.

✓ **La hauteur manométrique d'aspiration :**

Elle est le résultat du cumul de la hauteur géométrique d'aspiration et des pertes de charges à l'aspiration (linéaires et singulières).

Formule 29 : HMT et pertes de charges à l'aspiration

$Hm_a = ha + Pdc_a$ <p>Avec $Pdc_a [m] = \frac{k \times v^2}{2 \times g}$</p>	<p>Pdc_a [m]: Perte de charge linéaire d'aspiration V [m/s] : vitesse dans la conduite d'aspiration Hma : hauteur manométrique totale d'aspiration[m] G [m/s²] : accélération de la pesanteur (9,81 m/s²) K : facteur de pertes au niveau des équipements.</p>
--	---

✓ **Le NPSH disponible (Net positive suction head disponible) :**

C'est le critère qui sert à définir la pression nécessaire à l'aspiration pour obtenir un bon fonctionnement de la pompe, c'est à dire pour maintenir en tout point du fluide une pression supérieure à la pression de vapeur saturante. Le NPSHd est déterminé par la formule suivante:

Formule 30 : Estimation de la NPSH disponible

$NPSH_{dispo} = 10,33 - H_a - Pdc_a$	$NPSH_{dispo}$: Pression absolue à l'aspiration (m)
	H_a : Hauteur d'aspiration
	Pdc_a : perte de charge à l'aspiration

✓ **Le NPSH requis :**

Le NPSH Requis est la hauteur minimum de liquide (supposé à sa température d'ébullition), requis en aspiration pour empêcher la cavitation. L'aspiration de l'eau entraîne une baisse de pression qui doit toujours être au-dessus de la pression du liquide en-dessous de sa pression de vapeur saturante, pour éviter l'ébullition [12]. Le NPSH requis est donné par le fabricant de la pompe sous forme d'une courbe de NPSH requis en fonction du débit et sa valeur est toujours positive.

Ainsi un bon fonctionnement de la pompe se traduit par un NPSHd supérieur au NPSHr. (Condition de non cavitation). Cependant on ajoute une marge de sécurité de 0,5 m d'où la condition de non cavitation suivante :

Formule 31 : NPSH requis

$NPSHd > NPSHr + 0,5$
--

✓ **La hauteur manométrique au refoulement :**

Elle est la charge qui permet à l'eau pompé d'arriver au bassin partiteur. On l'obtient comme suit :

Formule 32 : Hauteur manométrique de refoulement

$Hm_r = hr + Pdc_r$	Hm_r [m] : Hauteur manométrique de refoulement ;
	hr [m]: Hauteur entre le regard et l'axe de la pompe

D'où la hauteur manométrique totale (HMT) s'écrit :

Formule 33 : Hauteur manométrique totale

$HMT = Hm_a + Hm_r + H_s$	H_s : charge nécessaire pour délivrer l'eau à la prise la plus éloignée du partiteur
---------------------------	---

✓ Détermination de la pression nominale des conduites

Le choix de la pression nominale se fait après le calcul de la pression de service et de la pression maximale de service (PMS). Le catalogue du fabricant permet de faire le meilleur choix selon les conditions d'utilisation.

La variation de pression est déterminée comme suit :

Formule 34 : Détermination de la variation de pression

$\Delta P = \frac{c \times V_0}{g}$	ΔP : Variation de la pression (m) g : Accélération de la pesanteur (m/s ²) V ₀ : Vitesse initiale (m/s) c : Célérité de l'onde (m/s)
-------------------------------------	---

On calcul alors P+ΔP, puis on compare à la valeur limite de pression maximale du catalogue du fabricant pour choisir la pression nominale de nos conduites.

✓ Choix de la pompe

Le choix de la pompe est un processus très important qui implique de connaître un certain nombre d'éléments important notamment la nature du liquide, sa masse volumique, mais les paramètres intrinsèques à la pompe sont le débit de pompage et la hauteur manométrique totale (HMT). Connaissant le liquide à pompé, avec les deux paramètres on procède au choix de la pompe adoptée dans le catalogue constructeur.

✓ Point de fonctionnement

Le point de fonctionnement d'une pompe refoulant dans une conduite est donné par le point d'intersection de la caractéristique hydraulique de la pompe et celle du réseau.

✓ Puissance du moteur

La puissance de chaque motopompe est donnée par la formule :

Formule 35 : Puissance de la motopompe

$P = \frac{\rho \times g \times Q(m^3/s) \times HMT(m)}{\eta}$	<p>P : Puissance de la motopompe (W) ; Q : Le débit (m³/s) ; HMT : Hauteur manométrique totale ; ρ : la puissance de la motopompe ; g : intensité de la pesanteur ; η : rendement de la motopompe.</p>
--	--

✓ **Dimensionnement de la source d'énergie**

Du fait de l'absence du réseau d'alimentation en électricité du village par la SONABEL, les possibilités d'alimentation en énergie restent les groupes électrogènes, les panneaux solaires, et la thermique. Les deux premiers engendreront des coût d'achats et d'installation énorme mais sont plus durable. Le dernier est accessible aux populations mais engendre des coût fixe de carburant, cependant la thermique est plus adaptée dans notre cas du fait de la configuration du site, En effet les blocs d'irrigation étant autonome les unes des autres mettre en place l'alimentation par panneaux solaires ou par batteries nécessiterait de répliquer le même achat en double pour l'autre rive du périmètre.

III.3.7 Dimensionnement du réseau annexe

Le réseau d'assainissement a pour rôle de maintenir le taux d'humidité dans la zone racinaire à un niveau approprié pour les cultures et de maintenir un niveau de concentration en sel dans la zone racinaire des cultures[7] .

III.3.7.1 Dimensionnement et calage des colatures

Le drainage considéré est un drainage de surface constitué d'un réseau interne (répartis dans chaque bloc au niveau des deux rives) et externe. La colature de ceinture est chargée d'évacuer les eaux parasites externes au périmètre. Les colatures seront sectionnées en tronçons de 100 mètre linéaire minimum pour faciliter le dimensionnement et la largeur de la bande de terre susceptible d'alimenter la colature est trouvée à partir de la longueur du plus long chemin hydraulique du bassin versant qui draine le périmètre (pris égale à 50 m autour du périmètre). Dans tout le réseau de drainage on veillera à respecter les dispositions suivantes :

- Les pentes dans les colatures doivent être suffisante pour éviter les dépôts et les vitesses érodables.
- La vitesse admissible dans les colatures doit être $1,5 \leq V \leq 2,5$ m/s (OURAHOU, 2003).

Les colatures de ceinture sont dimensionnées selon la formule de Manning-Strickler suivante :

Formule 36 : Débit de dimensionnement du réseau de colature et la digue de protection

$Q = \frac{C (\%) \times P_{10} \times (100 \times l) \times 10^{-3}}{T \times 3600}$	<p>Q : (m³/s) le débit à évacuer ;</p> <p>C : coefficient de ruissellement C = 30% - 40% dans les zones rurales ;</p> <p>l : La largeur de la bande susceptible d'alimenter la colature ;</p> <p>P₁₀ La pluie décennale maximale journalière,</p> <p>T (h) : la durée d'évacuation du débit pris à 24h.</p>
---	---

Avec T la durée d'évacuation du débit décennal. En considérant les courbes de niveau nous prenons comme hypothèse nh égale à 24 pour une pluie décennale de 99,3 mm (annexe1).

Des drains seront réalisés autours des parcelles pour faciliter l'évacuation des crues afin d'éviter que le périmètre soit surchargé d'eau. Les zones basses sont plus souvent identifiées pour drainer l'eau des terres irriguées et des précipitations. Ainsi les thalwegs naturels seront suivis le plus possible pour l'emplacement des drains. Ce procédé donne une meilleure garantie de bon fonctionnement aux drains [7].

Le débit de drains est donné par la formule (évaporation et infiltration généralement négligées) :

Formule 37 : Débit de dimensionnement des drains

$Q(m^3/s) = A(ha) \times q(l/s/ha)$ <p>Avec $q((l/s)/ha) = \frac{P_{10}(mm)}{T(h) \times 0.36}$</p>	<p>A : superficie du bassin ;</p> <p>T : temps d'évacuation de l'eau pris 12h ;</p> <p>q : débit spécifique</p>
--	---

✓ Dimensionnement des sections

Le calcul des sections des drains internes et des colatures de ceintures se feront à partir de la formule de la section hydrauliquement favorable de Manning-Strickler afin de trouver les sections pratiques. La formule est comme suit :

Formule 38 : calcul des dimensions du réseau de drainage

$b = 2 \times y \times (\sqrt{1 + m^2} - m)$ $y = \left(\frac{Q}{(2 \times \sqrt{1 + m^2} - m) \times K_s \times 2^{-\frac{2}{3}} \times \sqrt{I}} \right)^{\frac{3}{8}}$ $l = b + 2 \times m \times H$	<p>y : tirant d'eau (m) b : largeur au plafond (m) Q : débit de la colature (m³/s) K_s : coefficient de rugosité de Strickler pris 33 pour les canaux en terre ; I : la pente du radier de colature comprise entre 3‰ et 5‰ pour les canaux à débits inférieur à 0,3 m³/s (Hayde, 2006) ; m : la pente des talus pris à 3/2 ; l : largeur en miroir ; H : hauteur du canal (y+r)</p>
--	---

III.3.7.2 Dimensionnement des pistes

Les pistes ont pour rôle de permettre l'accès aux parcelles pour les transports divers sur le site. Les profils des pistes ont une couche de couronnement en remblai latéritique au-dessus du terrain naturel. Le réseau de circulation sera donc constitué de pistes secondaires parallèle aux conduites secondaires et des pistes principales sont dans parallèles aux courbes de niveau.

III.3.7.3 Infrastructures de salubrité

Dans l'optique de l'assainissement du cadre de vie et la préservation de la dignité des exploitants notamment les femmes, nous proposons la réalisation de blocs de latrines à 2 postes sur chaque rive du périmètre. En tenant compte du temps de la journée d'activité et de la présence permanente des exploitants sur le périmètre, ces infrastructures sont d'un besoin essentiel, surtout en considérant l'éloignement des concessions du site à irriguer.

III.3.7.4 Infrastructure de stockage

Il servira d'entrepôt pour les différents produits de la récolte et de protection contre l'humidité.

III.3.7.5 Infrastructure de franchissement

L'intersection des colatures et des pistes il y'aura des passages piétons et un dalot pour permettant l'accès d'une rive à l'autre.

III.3.1 Entretien et gestion du périmètre

Cette section à pour optique de proposer une ligne directive d'entretien des ouvrages et équipement du périmètre, et un mode de gestion durable et le contrôle du cout de maintenance des installations.

IV ÉVALUATION FINANCIÈRE DE L'AMÉNAGEMENT

IV.1 Évaluation du coût de l'aménagement :

L'estimation des coûts est évaluée sur la base du calcul des volumes des différents travaux à exécuter par rapport au plan d'aménagement que nous avons établi, des coûts d'acquisition des matériels et de main d'œuvre, et les divers coûts qui surviennent pendant les études d'ingénierie. Les principaux travaux d'aménagement à évaluer dans notre périmètre sont comme suit :

- ✓La construction des abris pour les motopompes ;
- ✓L'acquisition de 3 motopompes et accessoires avec l'une en secours ;
- ✓La réalisation du réseau d'adduction et distribution et des ouvrages qui y sont liés.
- ✓La réalisation des ouvrages annexes (latrines et magasin de stockage).
- ✓Études d'ingénierie

IV.2 Évaluation de rentabilité :

L'évaluation de la rentabilité de l'aménagement passe par l'estimation des charges et des recettes liées à l'exploitation. La détermination de ces deux facteurs permettra de déduire la rentabilité de l'aménagement.

V RESULTAT ET DISCUSSION

Cette section du mémoire porte sur la présentation des résultats obtenus et leur justification. Conformément aux objectifs, les résultats portent sur la phase d'étude de terrain qui englobe, les études topographiques, Hydrologiques et pédologiques ainsi que sur la phase d'études techniques, financières et environnementales.

V.1 Synthèse des études de base

V.1.1 Étude topographique

✓ Réalisation des levés topographiques

L'étude topographique a montré une superficie levée pour le périmètre de **72 ha** à l'mont et à l'aval du barrage. La zone levée est limitée :

- Au Nord par la digue du barrage ;
- A l'Ouest et à l'Est par des groupes de concessions ;
- Au Sud par la limite avec le terroir du village de Loaga (environ 500 m après les rails

En tout quatre bornes bétonnées ont servi pour faciliter le repérage et permettre l'implantation des ouvrages. Les coordonnées des bornes topographiques de références utilisées figurent dans le tableau ci-dessous :

Tableau 7: Références topographiques

Références	Points levés		
Bornes	Coordonnées		
	X	Y	Z
P01	601191,181	1356107,385	348,174
GPS1	601315,794	1355992,489	348,953
GPS2	601059,56	1355686,883	350,077
GPS3	600803,603	1355770,612	352,100



Figure 9: GPS différentiel STONEX utilisé dans le cadre des levés topographiques

Les levés topographiques ont été fait avec le RTK (Real time Kinematic), monté sur une canne munie d'un contrôleur sur une superficie complémentaire de 10 ha. Les détails importants ont été levé minutieusement et sont présent dans le plan topographique complet du site (Annexe 1).

✓ Traitement des données

Les données extraites sous format texte ont été traitées pour réaliser le plan topographique de la zone. Le plan topographique du périmètre a été élaboré par le logiciel **Autocad** (utiliser pour le tracé du plan parcellaire). Dans le cadre du présent la carte topographique a été faite à l'aide du logiciel global mapper et sur le logiciel **Surfer**.

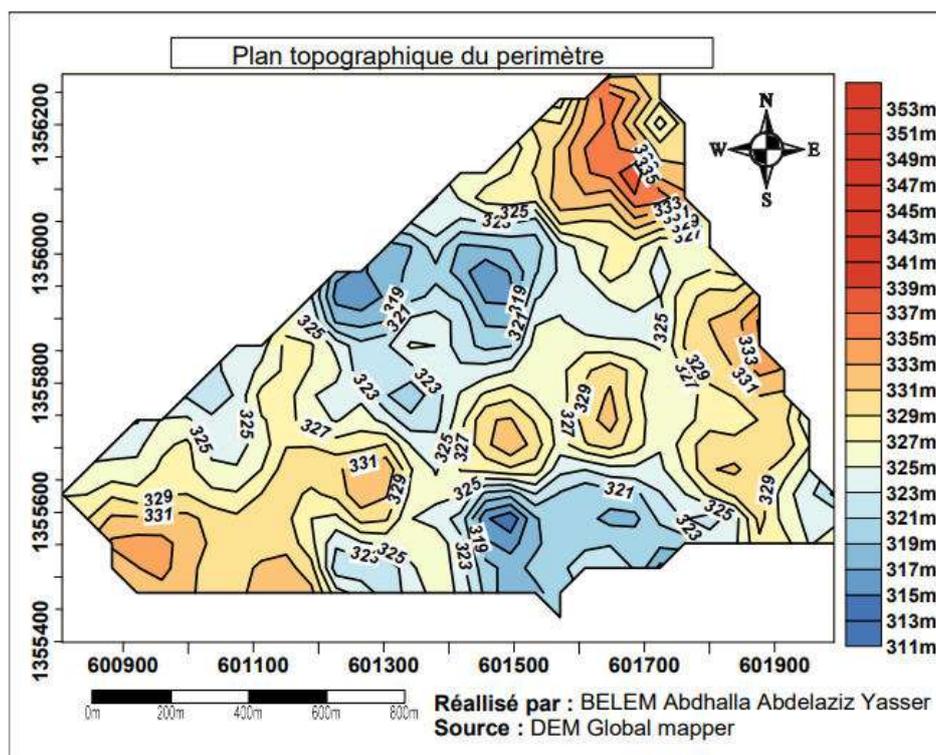


Figure 10: Carte topographique du périmètre

Interprétation : On constate que le périmètre est un terrain en pente avec des côtes qui varient de 321 m à 335 m. Les parties basses du périmètre sont localisées au centre, précisément dans le lit du cours d'eau.

V.1.2 Étude pédologique

À la suite de l'étude topographique, des missions de terrain ont été menées dans le but de déterminer les propriétés hydrodynamiques et les textures des sols. Cette phase se caractérise par deux (02) grandes activités, à savoir les mesures d'infiltration, le traitement et l'analyse des résultats des mesures pour la détermination des aptitudes culturales des sols.

✓ Mesures d'infiltration :

Les résultats donnent une infiltration qui varie dans la zone du projet de **19 mm/j** à **106 mm/j**. Ainsi, du fait de l'écart des valeurs, nous ferons plusieurs moyennes et utiliserons celle qui est la plus représentative. Ainsi, une moyenne de **54 mm/j** est utilisée pour la suite de l'étude technique. On obtient une humidité de capacité au champ de **20,7 %** et une humidité au point de flétrissement temporaire de **8,6 %**. Les essais montrent donc que nous sommes en présence de types de sols qui varient entre limono-sableux constitué de **78%** de sable, **9%** d'argile et sablo-

argileux composé de **70%** de sable et **27%** d'argile. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Résultat des mesures d'infiltrations

POINT	KSAT	MOYENNE	ECART-TYPE	CO-VAR %	CU %
Sol limono-sableux					
P1	44,33	54,00	5,73	10,61	89,39
P3	49,77				
P4	53,74				
P5	59,13				
P6	53,01				
P9	54,83				
P12	59,13				
P13	44,33				
P14	53,56				
P19	56,7				
P20	64,37				
P21	57,62				
P22	51,49				
Sols limono-argileux					
P2	29,38	34,06	6,62	19,43	80,57
P17	38,74				
Sols argileux					
P7	19,68	29,64	8,95	30,21	69,79
P11	24,93				
P16	34,58				
P18	39,37				
Sols sableux					
P8	97	96,51	6,50	6,73	93,27
P10	102,75				
P15	89,78				

Interprétation : Le sol limono-sableux étant le plus répandue dans la zone, ses caractéristiques sont donc retenues pour la suite des calculs. L'écart type et le coefficient d'uniformité révèlent que ce type de sol peut être représentatif du périmètre.

Les courbes d'infiltration sont présentées en annexe 1.

✓ Classification technique des sols du périmètre

L'étude pédologique effectuée sur le site de Niangdo par des agents du BUNASOL a mis en évidence quatre (4) sous-groupe sols appartenant à trois (3) classes que sont :

- La classe des sols brunifiés ;

- La classe des sols à sesquioxydes de fer et de manganèse ;
- La classe des sols minéraux bruts.

La cartographie des types de sols du site est référenciée en annexe 1.

V.1 Choix des spéculations

A l'issue de l'enquête terrain, de la recherche documentaire sur les différentes spéculations proposées par les bénéficiaires et de l'étude pédologique du sol, nous avons choisi des cultures qui présente une forte valeur ajoutée. Pour le maraichage il s'agit de :

✓ **L'oignon bulbe (Allium cepa) de type violet de Galmi** : C'est une variété est très recherchée pour son goût piquant et ses vertus thérapeutiques. En effet il représente à lui seul plus de 30% de la production maraichère totale du Burkina Faso. Les recherches ont permis d'améliorer son rendement qui se situe entre 30 à 60 tonnes/ ha en respectant les différentes phases culturales de la culture [13]. Son cycle est de 150 jours.

✓ **La tomate** : La tomate génère un rendement de 25 à 40 tonnes/ha et est très appréciée des populations du fait de son implication dans la majorité des préparations culinaires au Burkina et en Afrique de l'ouest [14].

✓ **Le chou cabus ou chou pompé** : c'est une plante en forme de rosette de feuilles qui est tout aussi prisée que l'oignon et génère aussi beaucoup de bénéfices sur le plan national [1].

✓ **Le haricot vert** : C'est une légumineuse à cycle court (90 jours) peu calorique qui est une source de protéines. IL a été choisi du fait de sa courte durée de culture afin d'évaluer une campagne supplémentaire. En l'hivernage notre choix c'est porté sur :

✓ **Le riz pluvial** : Les enquêtes socio-économiques ont montré une volonté des populations à cultiver le riz en saison pluvieuse.

V.2 Évaluation de la ressource en eau

Le barrage de Niangdo est la ressource en eau qui sera la source utilisée pour l'irrigation du périmètre, Ainsi nous avons donc déterminé les caractéristiques morphologiques du bassin versant drainé par le barrage. Les résultats sont résumés dans en annexe 1.

V.2.1 Analyse fréquentielle des pluies

La connaissance des différents apport annuels sont d'une grande importante en hydrologie opérationnelle car elle est la base du calcul de la crue du projet associée à la probabilité d'occurrence. En ce sens les données pluviométriques issues de la station de SARIA ont été

utilisées pour cette analyse statistique des pluies. Les données pluviométriques et les courbes de l'analyse fréquentielle sont mentionnées en annexe 1, tandis que la synthèse des données se présente comme suit :

Tableau 9: Pluies fréquentielles des périodes

Période de retour	Fréquence	Pluies	Périodes
100	0,99	1110	Années Humides
50	0,98	1080	
20	0,95	1030	
10	0,9	988	
5	0,8	937	
2	0,5	838	Moyenne
5	0,2	740	Années Sèches
10	0,1	688	
20	0,05	646	
50	0,02	598	
100	0,01	566	

La pluie moyenne annuelle de **838 mm** est comprise entre les isohyètes 750 et 1000 mm ; ce qui permet de classer la zone de l'étude dans le régime climatique de type tropical sec (Crues et Apports ; manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahélienne et tropicale sèche) [15].

V.2.2 Estimation des apports

✓ Apport liquide

Les apports liquides déterminent le volume d'eau qui pourrait se retrouver à l'exutoire pendant une période donnée. La méthode de Rodier (1975) qui permet d'estimer cette quantité d'eau en se basant sur une comparaison avec des bassins types pour jauger le bassin voulu a été spécialement utilisé. Cette méthode est adaptée aux petits bassins versants de la zone tropicale sèche ou du Sahel. Le manuel « Crues et apports » : Bulletin FAO d'irrigation et de drainage N°54 [15], nous permet d'identifier le bassin de Binndé (Manga) comme celui qui a les caractéristiques similaires au notre.

La méthode de Rodier utilise les coefficients d'écoulement et les lames d'eau médian à différentes périodes pour pouvoir estimer le volume d'eau écoulé. Ainsi l'apport en année moyenne est de l'ordre de **599 727 m³**. La synthèse des résultats est présentée comme suit :

Tableau 10: Les apports liquides des périodes

Durée de retour	Pluie annuelle correspondante du bassin versant Pac (mm)	Coefficient d'écoulement Ke	Volume d'eau écoulée Ve(m³) = KexSbv x Pac
Centennale sèche	566	6,50%	191 724,91
Vingtennale sèche	646	7,79%	262 341,97
Décennale sèche	688	8,88%	318 533,91
Quinquennale sèche	740	9,12%	351 721,91
Moyenne	838	13,73%	599 726,81
Quinquennale humide	937	18,23%	890 287,25
Décennale humide	988	21,61%	1 112 523,47
Vingtennale humide	1030	24,40%	1 309 359,77

**Avant-projet détaillé de l'aménagement d'un périmètre irrigué de 15 ha à l'aval du barrage de Niangdo
dans la commune de Poa au Burkina Faso**

Cinquantennale humide	1080	29,06%	1 635 502,36
Centennale humide	1110	31,01%	1 793 506,60

✓ **Apports solides**

L'écoulement de l'eau entraîne avec lui des matériaux solides, qui selon le débit d'écoulement et la granulométrie des grains solides se déposeront dans le lit du cours d'eau et entraînent un envasement progressif du lit. Plusieurs méthodes empiriques permettent d'estimer le volume de dépôts solides dans la retenue pendant toute la durée de vie projetée du barrage. Les formules utilisées dans le présent sont les formules de GOTTSCHALK, GRESILLON (CIEH-EIER) et celle de KARAMBIRI (GRESILLON Modifié) qui illustre bien la situation des retenues au Burkina. Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus :

Désignation	Unité	Calcul par la formule de Gottschalk	Calcul par la formule de Grésillon	Calcul par la formule de Karambiri
Paramètre morphologiques (r)	-	-	-	0,7
Paramètre anthropique (h)	-	-	-	0,4
Pente moyenne (I)	m/km			
Superficie du bassin versant (S)	km ²	5,21	5,21	5,21
Pluviométrie moyenne annuelle (Pan)	mm	-	838	838
Dégradation spécifique annuel (D)	m ³ /km ² /an	220,44	190,55	139,06
Volume des apports (V)	m ³ /an	1148,66	992,92	724

Volume moyen	m3/an	955,39
Apports 30 ans	m3	28 661,82

Les valeurs trouvées par les trois formules n'ayant pas un très grand écart, nous retiendront la moyenne des trois formules qui est de **955.23 m3/an**.

V.3 Simulation de la retenue

L'estimations de la capacité du barrage à satisfaire aux besoins agricoles passe d'abord par l'évaluation des besoins connexes au barrage notamment les besoins humains et pastoraux et sans une moindre mesure les différentes pertes par évaporation et infiltration. Les tableaux suivants recapitulent les différentes estimations des besoins au niveau du barrage de Niangdo.

Tableau 11: Les pertes par Évaporations et par infiltrations de la retenue

Pertes par infiltration (moyenne 1 à 3 mm/j) : choix de 2 mm/j								TOTAL
Mois	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Nov.	Déc.	
Nbre de jours/mois	31	28	31	30	31	30	31	
Pertes par infiltration (m)	0,062	0,056	0,062	0,06	0,06	0,06	0,062	0,42
Pertes par évaporation au niveau du plan d'eau								
Evap Bac A mensuelle (mm)	255,94	274,9	338	324	309	228	244	1973
Evap Bac A (mm/j)	8	10	11	11	9,98	7,58	7,86	65,2
Evap plan d'eau (mm/j)	5,93	6,58	7	6,97	6,65	5,63	5,76	44,5
Evap plan d'eau réelle mensuelle (m)	0,18	0,18	0,22	0,21	0,21	0,17	0,18	1,35
Total : Évaporation +Infiltration (m)	0,25	0,24	0,28	0,27	0,27	0,23	0,24	1,77

Tableau 12: Les besoins humains et pastoraux à l'horizon 2042

Besoins humains et pastoraux à l'horizon 2042								
Effectifs en 2019 (hbts)	2913							TOTAL
Effectifs en 2042	4915							
Besoins spécifiques (l/j/hbts)	20							
Besoins (l/j)	98290							
50% Besoins (l/j)	49145							
Mois	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Nov.	Déc.	
Nbre de jours/mois	31	28	31	30	31	30	31	
Besoins humains (m3/mois)	1524	1376	1524	1474	1524	1474	1524	10 419
Besoins pastoraux	3222	2910	3222	3118	3222	3118	3222	22 031
Besoins pastoraux et humains (m3/mois)	4745	4286	4745	4592	4745	4592	4745	32 450

✓ **Remarque :** Nous avons considéré les besoins en eau de la période sèche allant de Novembre à Juin. IL est considéré également que les animaux n'ont pas d'impact sur le barrage en période pluvieuse du fait de l'abondance des mares et flasques d'eau dans les zones de pâturage. Ainsi les éventuels prélèvements d'eau sont compensés par les précipitations.

V.4 Courbe d'exploitation de la retenue

Nous avons procédé par soustraction des pertes et besoins (pastoraux et humains) mensuel du volume de la retenue à la côte du déversoir, qui correspond au plan d'eau normal (PEN = 351m). Cette manière de procéder nous permet d'estimer la quantité d'eau disponible réellement pour

l'irrigation du périmètre et la superficie irrigable par cette eau. Ainsi il ressort de l'analyse les points suivants :

✓ 5,72 ha de superficie irrigable par l'eau du barrage pour la réalisation de deux (02) campagnes sèches (Novembre à Juin) en plus de la campagne hivernale. (Cas 1).

Tableau 13: détail du cas 1

Campagne 1	Campagne 2	Complément au riz pluvial en Juillet, Septembre et Octobre	Pertes, infiltration, besoins humain et pastoraux à prendre en compte (0.5m et 13 200m ³)	Superficie irrigable (ha)
13 538,27 m ³ /ha	4500 m ³ /ha	1661,2 m ³ /ha	89 252 m ³	5,72

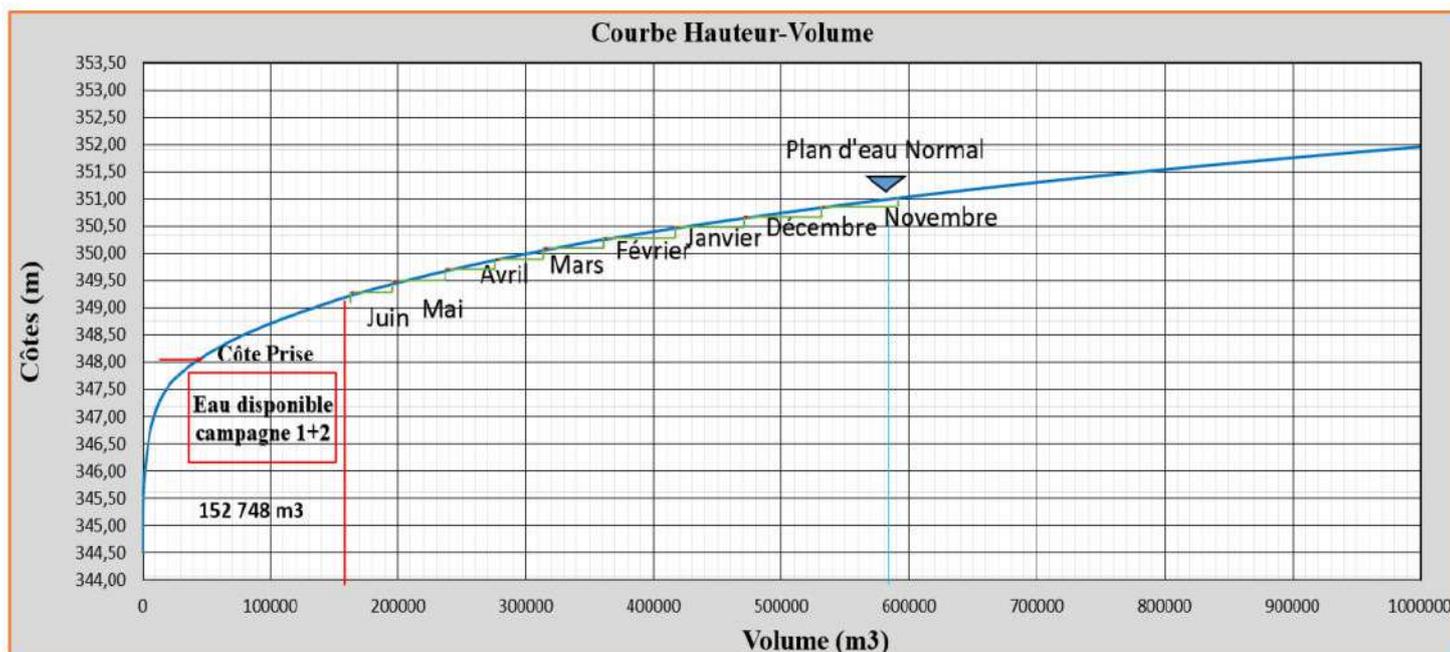


Figure 11: Simulation pour le choix de 2 campagnes agricoles

✓ La possibilité d'irriguer environ 13.3 ha en une seule campagne sèche de Novembre à avril.
(Cas 2)

Tableau 14: Détail du cas 2

Campagne 1	Complément au riz pluvial en Juillet, Septembre et Octobre	Superficie irrigable (ha)
13 538,27 m ³ /ha	1661,2 m ³ /ha	13,3

✓ **Interprétation des résultats et choix d'une option :** Les résultats indiquent que la réalisation de deux campagnes en plus de la campagne humide entrainera une faible exploitation des terres irrigables par l'eau du barrage alors que la demande en parcelles irriguées est très forte. De plus la deuxième campagne étant un cycle court (3 mois) il n'est généralement possible que de cultiver des variétés qui n'occasionne pas une forte valeur ajoutée. D'où l'option d'aménagement en une seule campagne sèche permettra de dégager un grand nombre de parcelles au profit des bénéficiaires. La courbe d'exploitation de cette campagne est donnée ci-dessous :

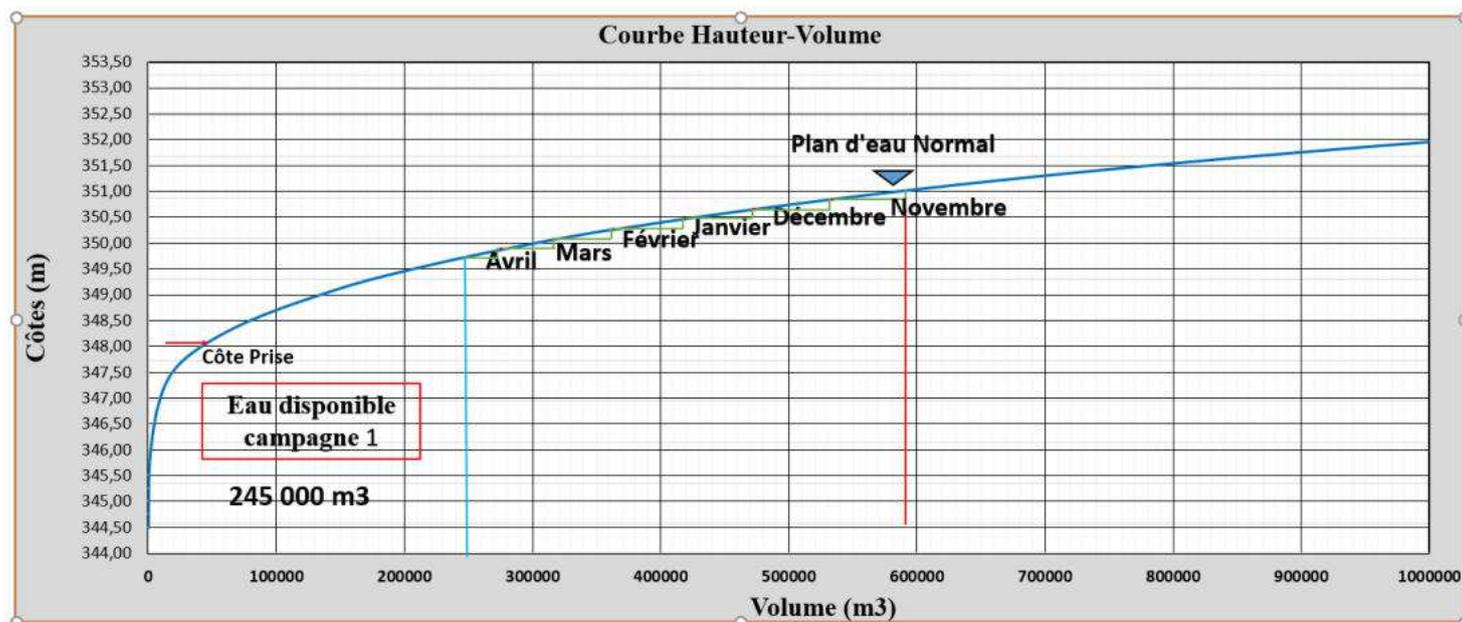


Figure 12: Courbe d'exploitation

V.5 Choix du système d'irrigation

Les systèmes d'irrigation peuvent être classés en deux grandes catégories : l'irrigation gravitaire et l'irrigation sous pression. Dans la pratique, on distingue entre autres l'irrigation gravitaire, l'irrigation goutte à goutte, l'irrigation par aspersion et l'irrigation par semi-californien. Une comparaison est menée pour le choix du système le plus adapté en tenant compte des termes de références du projet, du coût d'investissement à l'hectare du système, de la maîtrise du système par les bénéficiaires, de l'efficacité du système et de l'adaptation de la technique aux cultures. Ainsi les avantages et les inconvénients de chaque système est résumé comme suit :

Tableau 15: Comparaison des systèmes d'irrigation en fonction du contexte du projet

Système	Avantages	Inconvénients
Gravitaire	Pas d'énergie utilisée car l'écoulement est gravitaire ; Adapté à toute qualité d'eau d'irrigation ; Pas de risque de contamination des légumes feuilles ; Coût d'investissement faible par rapport à l'aspersion et le goutte à goutte.	Pertes d'eau énorme par rapport aux autres systèmes; Efficacité faible (50 à 80%) [16] Non adapté pour les sols très perméables ; Nivellement nécessaire pour corriger la topographie du système ;

Système	Avantages	Inconvénients
Semi-californien	Diminution des pertes d'eau par rapport au gravitaire pure ; Adapté à toutes les cultures (maraichères, rizicoles, arboricultures) ; Investissement moindre par rapport à l'aspersion et au goutte à goutte ; Entretien réduite et pas de gêne pour les travaux agricoles ; Adapté aux exploitations de petites et moyennes tailles ; adapté aux parcelles ayant une topographie variée et sont éloignées d'un point d'eau; Tous les matériaux sont disponibles localement	Efficiencie faible par rapport à l'aspersion et le goutte à goutte ; (0,5- 0,7); Contrainte possible de réparation des conduites enterrées ; Consomme largement plus d'eau que l'aspersion et le goutte à goutte ; Nécessite une source d'énergie (moindre que l'aspersion) ; Charge d'exploitation élevée par rapport au gravitaire.

Système	Avantages	Inconvénients
Aspersion	Efficiencie supérieure au gravitaire et au californien (65-80%) [17]; Utilisable sans nivellement du sol ; Pas besoins de faire des canaux, et les sillons ; Recommandée aussi dans le cas d'utilisation d'eau salée.	Investissement important ; Risque de contamination des légumes feuilles ; Demande un minimum de compétence et une pression de service élevée; Moins sensible au bouchage ; Consomme beaucoup d'énergie ; Défaut d'uniformité possible en site trop venteux ; Gêne possible pendant les travaux agricoles ; Méconnaissance des populations vis-à-vis du système.

Système	Avantages	Inconvénients
Goutte à goutte	Le Plus économe en eau ; efficacité élevée (80 à 90%) [17]; N'encourage pas les mauvaises herbes entre les rangs des cultures ; Adapté à l'arboriculture.	Requiert une bonne qualité ou un système de filtration efficace ; Sensible au bouchage ; Pas adapté au maraichage car nécessité d'un grand nombre d'anneaux ou d'injecteurs; Nécessite une compétence élevée par rapport aux autres systèmes ; Détérioration possible par cassures des gouteurs, exposition au soleil, contact avec le feu ou des objets tranchants.

Interprétation et choix du système : En tenant compte des résultats de la comparaison des systèmes cités plus haut, notre choix c'est porté sur le système d'irrigation par semi-californien car il s'adapte le mieux au projet. En effet, en considérant les termes de références qui orientent vers une irrigation par gravité en aval de 10 à 20 ha projetée, le semi-californien proposé s'avère plus adapté et a l'avantage d'être proche des techniques d'irrigation sous pression. Il faut noter également que le positionnement des prises du barrage ne permet pas une optimisation des terres irrigables à l'aval et le coût de réalisation moindre du semi-californien par rapport aux systèmes sous pression en fait un choix judicieux qui répond à l'exigence du projet avec son besoin en énergie faible et convient à toutes types de cultures en période sèche comme en irrigation d'appoint. Il faut ajouter que le calcul des besoins en eau montre un besoin d'irrigation de complément en saison pluvieuse pour la culture du riz ; ce qui s'adapte bien avec le système semi-californien.

V.6 Description générale du réseau semi-californien

Le système d'irrigation adopté, qui est de type semi-californien, est un système à manœuvre facile, à la portée des exploitants et économe en eau par rapport au gravitaire. Il fonctionne sous pression, du réseau de refoulement jusqu'aux bassins de refoulement, puis en gravitaire pour le réseau de distribution. Ce mode de fonctionnement nécessite que les bassins soient situés en

des points élevés pour faciliter la mise en charge de l'eau lors de la distribution Par conséquent, il est nécessaire d'organiser le périmètre en blocs d'irrigation à partir des motopompes afin de mieux gérer les paramètres d'irrigation. L'eau refoulée par la station de pompage est tranquillisée dans le bassin partiteur en tête de chaque bloc. Les bassins reçoivent le débit nécessaire en tête de bloc pour la dispatcher entre les conduites secondaires qui doivent desservir les prises de façon gravitaire. Les prises parcellaires quant à elles alimentent directement les canaux arroseurs, desquels partent les sillons dans la parcelle. Des colatures et une digue de protection sont prévus pour l'évacuation des eaux excédentaires et contre les débordements d'eau du chenal d'écoulement du cours d'eau. Les parcelles étant à majorité identiques, elles sont soumises au même paramètre d'irrigation. Ainsi une main d'eau unique est utilisée dans le périmètre (rive gauche et rive droite) donnant une simplicité et une uniformité d'arrosage.

Tableau 16: Répartition des blocs du périmètre

Répartition des blocs				
Paramètres	Rive droite		Rive gauche	
	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3	Bloc 4
Superficie (ha)	2,55	2,48	4,5	3
Nombre de conduites secondaires	2	2	3	2

La composition du périmètre irrigué de Niangdo est le suivant :

- ✓ **Deux stations de pompage** situées à la côte de **350 m** en aval du barrage, précisément à 4 m des prises à l'aval. L'une sur chaque rive, elles comprennent chacune deux (02) groupes motopompes, les ouvrages de génie civil et les conduites d'aspiration de pression **PN6** prennent directement l'eau dans les prises en dessous du niveau d'eau à l'étiage de **348 m** ;
- ✓ Chaque motopompe refoule l'eau à travers une **conduite de refoulement en PVC** enterré à 1 m de profondeur. Ainsi chaque conduite de refoulement est reliée à son bassin partiteur en tête de bloc ;

- ✓ **Quatre (04) bassins partiteurs** en tête de chaque bloc qui stabilisent l'eau reçue des conduites de refoulement et assurent le partage égal de l'eau de façon gravitaire aux conduites secondaires ;
- ✓ **Des conduites secondaires enterrées en PVC** qui se charge d'approvisionner les prises parcellaires en eau de façon gravitaire également ;
- ✓ **Des prises parcellaires doubles** qui apportent l'eau reçue des conduites secondaires aux parcelles (écoulement dans des canaux) ; Elles sont au nombre de trois (03) par conduites secondaires. Les caractéristiques des prises sont mentionnées en (annexe 6).
- ✓ **Des ouvrages connexes** notamment : les ouvrage de vidange, les regards des vannes ;
- ✓ **Les colatures** pour évacuer les eaux parasites hors du périmètre ; Elles mesurent **661,45 m** et **855,73 m** respectivement en rive droite et gauche.
- ✓ **Le réseau de circulation** qui donne l'accès au périmètre pour les divers usages ; les pistes principales mesurent **362.8 m** et **875,72 m** respectivement en rive droite et gauche tandis que les pistes secondaires sont de **128,53 m** et **160, 28 m** ;
- ✓ **La digue de protection** qui protège les berges du périmètre contre la tranchée d'eau du chenal ; Elle longe le périmètre et mesure **612 m sur les deux rives**;
- ✓ **Les postes latrines** qui se trouvent sur chaque rive.

V.7 Dimensionnement préliminaire

V.7.1 Paramètres d'irrigation

✓ La Dose pratique d'arrosage (RFU)

Les résultats de l'étude du sol du périmètre irrigué de Niangdo a un sol sablo-limoneux à texture moyenne. Nous obtenons à l'issue des interprétations des mesures d'infiltration pour cette nature de sol une réserve utile (RU) de **121 mm/m**. De cette valeur on arrive à estimer une valeur de la dose pratique d'arrosage ou réserve facilement utilisable par la plante (RFU) de **63,53 mm**. La valeur du RU trouvée est acceptable car elle est dans la plage de valeur indiquée dans la littérature pour ce type de sol [14]. La figure suivante donne les plages de la réserve utile en fonction de la typologie du sol :

Selon Israelson et Hansen (1967)		Selon Withers et Vipond (1974)	
Type de sol	RU (mm/m)	Type de sol	RU (mm/m)
Sableux	70-100	Sableux	55
Sablo-limoneux	90-150	Sable fin	80
Limoneux	140-190	Sablo-limoneux	120

Argilo-limoneux	170-220	Argilo-limoneux	150
Limono-argileux	180-230	Argileux	235
Argileux	200-250	-	-

✓ **Le débit fictif continu (Q_{fc})**

En fonctionnement continu, le débit obtenu est de l'ordre de **1,44 l/s/ha**.

✓ **Le débit maximum de pointe (DMP) ou débit d'équipement du réseau**

Il estime le débit à apporter à la plante par parcelle pendant la période de pointe. Il est utilisé pour le dimensionnement des équipements. Le BMP de la culture la plus contraignante (Chou) obtenu est de **3,45 l/s/ha**. Cette valeur est acceptable car elle est dans la marge recommandée pour des systèmes similaires de 2,5 l/s/ha – 6 l/s/ha [10].

✓ **Le quartier hydraulique**

La surface théorique du quartier hydraulique calculé à partir du débit d'équipement est de **2,90 ha**.

✓ **La fréquence d'arrosage**

L'intervalle entre deux arrosages sur une même parcelle est estimé à **5 jours** par mois.

✓ **Le tour d'eau (T)**

Le tour d'eau est le temps de maintien d'une plante avant d'être en état de stress hydrique. Il doit être inférieur ou égale à la fréquence d'arrosage d'où le choix d'un tour d'eau pratique de **3 jours**.

✓ **La dose réelle (Dr)**

Le tour d'eau choisi nous permet d'estimer en fonction du besoin maximum de pointe une dose réelle apportée de **31,26 mm**.

✓ **La dose brute (Db)**

En tenant compte d'une efficacité de **68%** pour le système semi-californien, on trouve une dose brute de **21,10 mm**.

V.7.2 Type de distribution de l'eau d'irrigation

Pour l'irrigation des parcelles, la distribution de l'eau par rotation est retenue. Cette pratique est définie par un approvisionnement des parcelles à tour de rôle pendant un temps défini, ce qui a l'avantage de minimiser les diamètres des conduites et d'avoir un système commode d'usage.

V.7.3 Organisation de l'irrigation

• Main d'eau

Nous avons opté pour une main d'eau de **10l/s** pour le dimensionnement en tenant compte de la technicité et des horaires de travail habituels de la population de Niangdo.

• La durée d'irrigation

Dans cette étude, **10 heures** par jour sont retenues pour l'irrigation et nous considérons que l'irrigation se fait **6 jours** par semaine, soit **26 jours** par mois et le dernier jour sera considéré pour le repos des exploitants et les entretiens éventuels.

• **La parcelle unitaire** : varie de **0,18 ha** au niveau des extrémités à **0,25 ha** pour la majorité des parcelles. Cette superficie unitaire a été adoptée en vue de faciliter la mise en place du réseau d'irrigation. Pour la mise en exploitation, ces parcelles pourront être subdivisées en fonction du nombre d'exploitants.

L'organisation de l'irrigation a abouti à l'établissement du calendrier d'irrigation joint en annexe 3.

V.8 Configuration et Dimensionnement du système

V.8.1 Configuration du système

Le système est alimenté par la station de pompage qui refoule l'eau dans un bassin partiteur au travers de la conduite de refoulement. Le bassin alimente des conduites secondaires qui dessert à leur tour les prises parcelaires équidistantes de **50 m** en tête de parcelle. A la sortie des prises les canaux arroseurs en terre acheminent l'eau dans les sillons d'arrosage. Le périmètre sera alimenté **6 jours sur 7** (lundi au samedi) pendant **10 heures par jour**. Les conduites secondaires de chaque bloc seront en marche simultanément pour envoyer une main d'eau par conduite de **10 l/s/ha** au niveau des premières prises qui alimentent les premières parcelles. Le temps d'irrigation par parcelle est de **2 h 17 mn**.

V.8.2 Dimensionnement du système d'irrigation

• Critère de dimensionnement

Les conduites ont été dimensionnées par la formule de continuité pour tout le réseau avec une vitesse maximum pour les conduites en plastiques de **1,7 m/s** [10]. Les conduites sont en **PVC basse pression** et la pressions nominale des conduites est de **6 bars**.

• Dimensionnement des conduites secondaires

En tenant compte des critères de dimensionnement ci-dessus, on obtient des diamètres nominaux de **125 mm** pour la distribution avec une vitesse de **0,92 m/s**. Les détails du dimensionnement des conduites de distribution et le calage des bassins partiteurs sont joints en annexe4. Le système d'irrigation étant identique de part et d'autre des rives, on aura des débits et des prises identiques. La synthèse est présenté en Annexe 5.

Tableau 17: Configuration du réseau des conduites

Configuration du réseau							
Bassins partiteurs	Débit entrant (l/s)	Débit sortant (l/s)	Conduite de refoulement	Conduites Secondaires	Longueur (m)	Ouvrage de prise double	Parcelles par conduite secondaire
Rive droite							
BP A	20	10	CR1-D	CS1-D	143	3	6
		10		CS2-D	221,8	3	6
BP B	20	10	CR2-D	CS1'-D	157,3	3	6
		10		CS2'-D	249	3	6
Rive gauche							
BP C	30	10	CR1-G	CS1-G	151,1	3	6
		10		CS2-G	245	3	6

		10		CS3-G	334,16	3	6
BP D	20	10	CR2-G	CS1'-G	201,83	3	6
		10		CS2'-G	288,15	3	6

• **Dimensionnement des conduites de refoulement**

Les conduites de refoulement transportent le débit des conduites secondaires de chaque bassin partiteur, soit **20l/s et 30l/s**. Elles auront donc un diamètre nominal supérieur qui est évalué à **200 mm** pour les conduites **CR1-D, CR2-D, CR2-G** et **250 mm** pour la conduite **CR1-G**. Les vitesses d'écoulement sont de **0,72 m/s** et **0,69 m/s**. Les caractéristiques des conduites sont énumérées en annexe 5.

La pression maximale admissible à l'intérieur des conduites est estimé comme suit :

N°	Q	DN	Type	V	ML	Hmt	K	e	a	hg	B
	l/s	mm		m/s	m	m		mm	m/s	m	m
1	20	188,2	PVC 200	1,7	125,87	8	33	5,9	298	4,53	51,70
1	30	235,4	PVC 200	1,70	125,87	8	33	5,9	268	4,53	46,44

Tableau 18: Vérification de la préjudiciabilité du coup de bélier

DP (m)	51,70	44,78
HMT+DP (P+DP)		52,78
PN	6 bar	60
PMA (=1,2*PN)	72	
Vérification	Pas de coup de bélier	

Les tranchées de pose des conduites sont dimensionnées en fonction du diamètre des conduites avec les caractéristiques suivantes :

- Profondeur de pose : $h_{min} \geq 0,5 m + D_{ex}(m)$
- Largeur de pose : $l_{min} \geq 0,4 m + D_{ex}(m)$

Tableau 19: Diamètres constructives des tranchées

Diamètre extérieur [m]	Profondeur de pose [m]	Largeur de pose[m]	Dimensions constructives [m]
0,125	0,6	0,5	H= 1m et L = 0,5 m
0,2	0,7	0,6	H= 1m et L = 0,5 m
0,25	0,8	0,7	H= 1m et L = 0,5 m

La figure qui suit montre la structure d'une tranchée simple utilisable dans le cas d'irrigation :

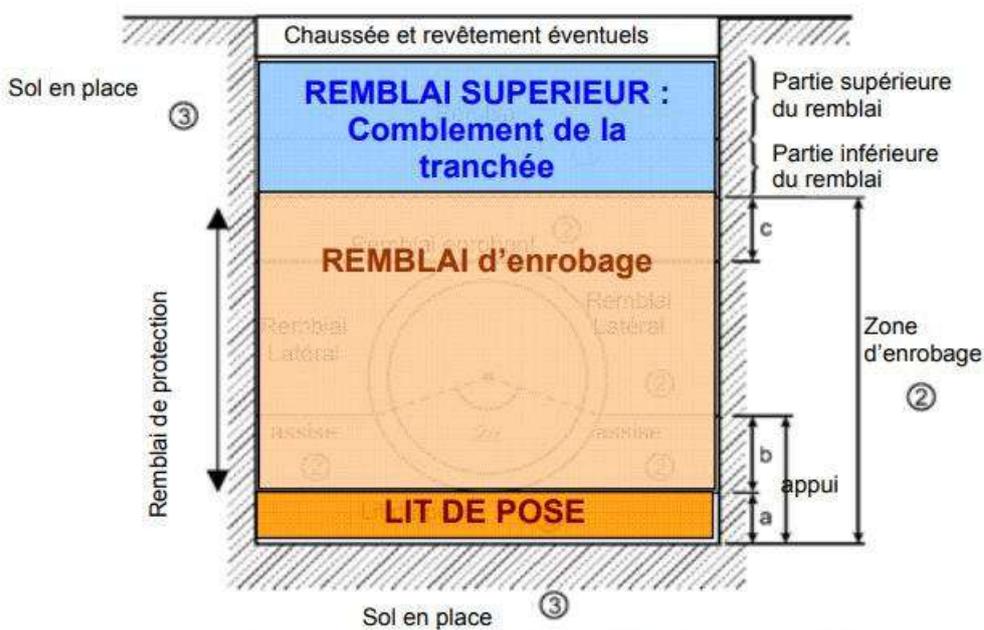


Figure 13: Structure d'une tranchée (Guide technique OIEAU-2013)[18]

• Dimensionnement des motopompes

Notre choix s'est porté sur des pompes GRUNDFOS de type NK 65 -160/171 pour les blocs A, B et D et une pompe NK 80- 160/171 pour le bloc C pour notre aménagement avec un surplus d'une pompe NK 65 -160/171 comme pompe de secours dans l'éventuel arrêt de l'une des pompes. La fiche technique des pompes est en annexe 4, mais les caractéristiques des pompes sont résumées comme suit :

Tableau 20: Caractéristiques utilisées pour le choix des pompes

Reference	Débit en tête [l/s]	HMT calculée [m]	Puissance calculée [KW]
Bloc A	20	4,64	2,65

Bloc B	20	5,57	3,19
Bloc C	30	4,49	3,85
Bloc D	20	6,01	3,44
Caractéristiques retenues	-	6,5	-

• **La source d'énergie**

L'énergie sera thermique car l'énergie solaire, certes présente une durabilité remarquable, mais nécessite un cout d'investissement de départ très grand. Le choix de la source thermique est également motivé par la configuration du périmètre, car en effet le périmètre étant séparé en deux parties, il serait difficile de relier les stations à un seul champ du fait de la distance qui sépare la rive droite et la rive gauche du périmètre. L'option possible est la mise en place de plusieurs champs, ce qui serait plus couteux et plus contraignant. De plus le facteur rayonnement solaire, incontrôlable serait un élément imprévisible qui peut concourir à la baisse de la quantité d'eau en tête des blocs dues au pompage d'un débit réduit, ainsi au dérèglement du calendrier d'irrigation, et à l'impossibilité d'irriguer en appoint en période de pluie pour le riz.

• Point de fonctionnement

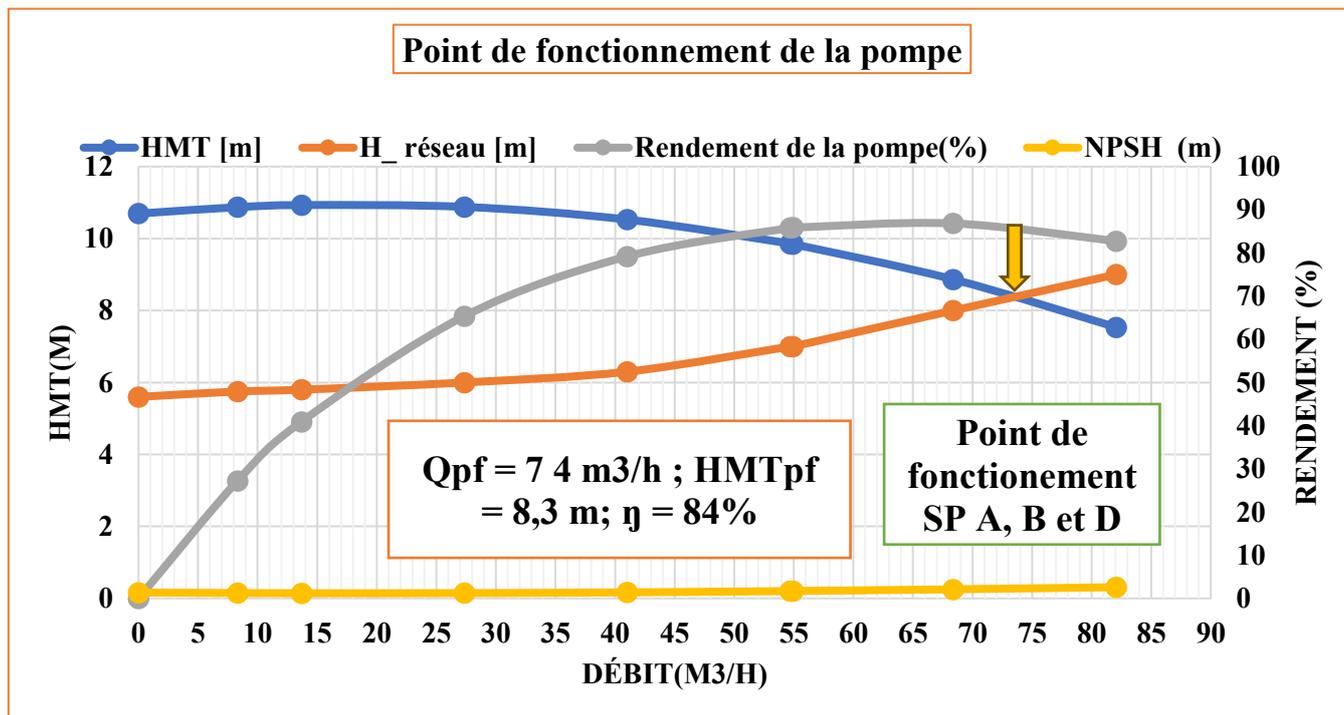


Figure 14: Point de fonctionnement des motopompes A, B et D

• Dimensionnement des bassins partiteurs

Dans le présent, les bassins sont de type déversoir épais et rectangulaire (coefficient de débit m égale 0,4 et déversoir en régime dénoyé) sont au nombre de **quatre (04)** et ont tous les mêmes caractéristiques physiques, les différences existantes sont dues au positionnement des bassins par rapport au courbe de niveau. Les bassins sont à deux **(02) compartiments** (distribution) pour les deux conduites secondaires qui y sont rattachées sauf le bassin C (bloc C) à trois ouvertures qui alimentent trois (03) conduites secondaires. Les bassins ont une hauteur de compartiment commune de **0,8 m** alors que les hauteurs sous radier sont de **0,5 m** pour les bassins A et B, et **1 m** pour les bassins C et D. la représentation des bassins partiteur est comme suit :

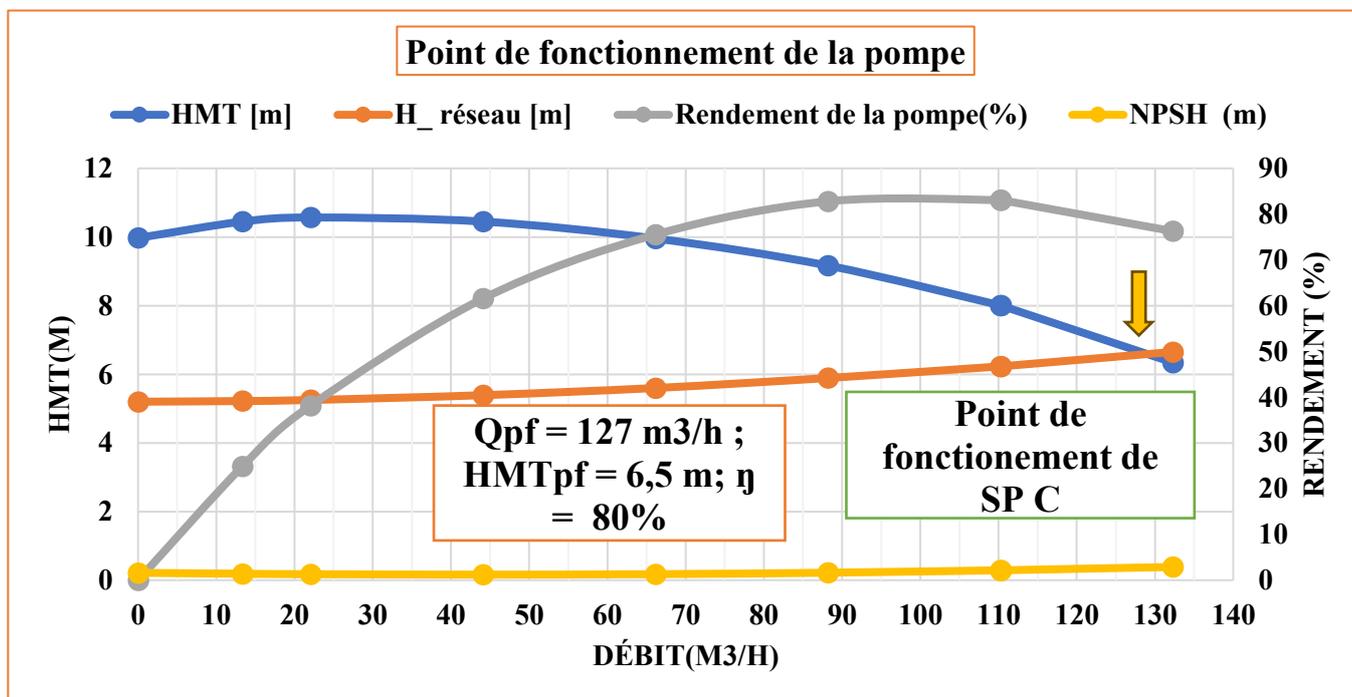


Figure 15 : Point de fonctionnement de la motopompe C

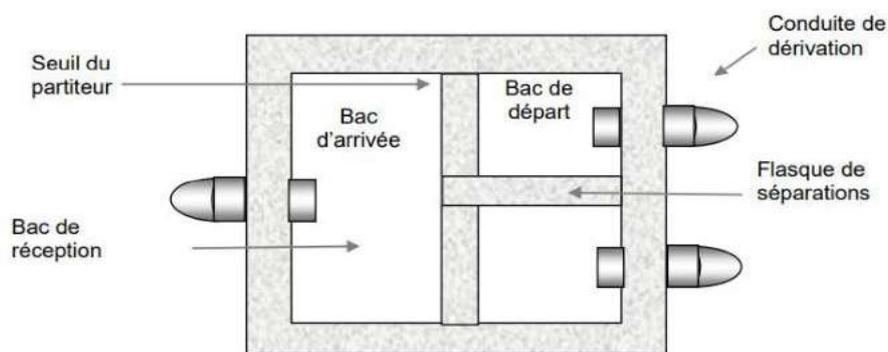


Figure 16: Vue en plan d'un bassin partiteur à 2 départs[11]

Sur le plan structural, ils sont généralement en parpaings plein de dimensions 40/20/15 [11]. Les caractéristiques et le design des bassins sont assignées en annexe 6.

• Dimensionnement des prises

Les prises sont de type double sortie et sont dimensionnées en considérant une charge minimale de **0,4 m**. Ces prises reçoivent l'eau des conduites secondaires par l'intermédiaire d'un té tourné vers le haut rallongé par un tube PVC de même diamètre que la conduite secondaire. Elles seront munies de vanne à encastrement interne pour la fermeture qui résolvent les problèmes liés aux fuites. Les caractéristiques des prises et le détail du calage sont en annexe 6.

- **Abri de la station de pompage**

Des abris motopompes sont prévus dans les deux rives pour protéger les stations de pompage. Les dimensions usuelles de l'abri de la motopompe que nous considérons sont de 4x4 m surp les deux rives.

- **Vidange**

Situées à la fin des conduites secondaires, les vidanges permettent la purge et l'évacuation des dépôts solides (boues) dans les conduites. Ce sont des fossés de forme pavé et de dimensions 0,5 m x 0,5m x 1m avec des parois protégées en béton. L'eau de la conduite passe dans l'ouvrage de vidange à travers un té horizontal muni d'un bouchon.

- **Dimensionnement des colatures et la digue de protection**

Les colatures sont en terres non revêtue de forme trapézoïdale. La formule de MANNING STRICKLER permet de déterminer les dimensions des colatures et des drains les résultats sont comme suit :

Le dimensionnement des colatures et des drains est comme suit :

Tableau 21: Dimensions de colature

Paramètres	Dimensions (m)
Longueur en rive droite	661,5
Longueur en rive gauche	855,8
Largeur au plafond b (m)	0,3
Fruit de berge m	1,5
Tirant d'eau y (m)	0,7

Tableau 22: Dimensions de drain

Paramètres	Dimensions (m)
Longueur	RD : 206 m et RG : 196 m
Largeur au plafond b (m)	0,4
Fruit de berge m	1,5
Tirant d'eau y (m)	0,2

Les récapitulatifs de dimensionnement des colatures et des drains sont inscrits en annexe7.

La digue de protection a pour rôle d'empêcher les eaux de crue du cours d'eau de pénétrer dans le périmètre. Elle longe le cours d'eau et est divisée en deux parties, une dans chaque rive. Avant sa mise en place un calibrage du lit du cours d'eau peut être nécessaire pour faciliter son exécution. Elle a été dimensionnée également avec la formule de MANNING STRICKLER en considérant un débit maximal du projet Q10 qui est égale à 16,68 m³/s.

Tableau 23: Dimensions de la digue de protection en rive gauche et droite

Paramètres	Dimensions (m)
Longueur totale	612,1
Largeur au plafond b (m)	2
Pente (%)	2/1
Hauteur (m)	1,5
Protection de talus	Herbes stabilisantes

• **Dimensionnement des pistes**

On pourra accéder à l'aménagement à partir des pistes qui y sont prévues. Elles seront réalisées en terres avec un remblai latéritique de dimensions suivantes :

Tableau 24: Dimension des pistes

Caractéristiques du réseau de circulation			
Pistes	Longueur (m)	Largeur (m)	Épaisseur minimum de latérite (cm)
Rive droite			
PP-D	349,47	3	15
PS1-D	143	2,5	10
PS2-D	221,8	2,5	10
PS3-D	157,3	2,5	10
Rive gauche			
PP-G	209,82	3	15
PS1-G	151,1	2,5	10
PS2-G	245	2,5	10
PS3-G	334,16	2,5	10
PS4-G	549,55	2,5	10

• **Ouvrage de franchissement**

Les franchissements sont constitués de dalles en béton armé de 1 à 2 m de large transversalement au-dessus des ouvrages

V.9 Travaux avant exploitation

Avant la mise en exploitation du site aménagé, les opérations suivantes sont nécessaires :

- Dispositif de repérage des conduites

Des butées seront placées pour repérer les axes des conduites pour faciliter les entretiens et réparation qui pourront survenir. Ces dispositifs servent également à limiter les risques de dégradations lors des opérations culturales.

- Le planage

C'est une pratique destinée à établir une dominance des prises par rapport à la surface à irriguer. Ce mouvement de terre se fera des terres non dominées vers les terres basses.

- Les labours

Avant la mise en exploitation, l'on procédera à un labour croisé qui consiste à éclater le sol en profondeur et à pulvériser les mottes de terres sur toute la superficie exploitable du périmètre. Ce procédé favorise la répartition des nutriments du sol sur l'ensemble de la superficie et permet de créer des vides dans le sol qui pourront faciliter le développement des cultures.

V.10 Planning d'exécution, entretien et gestion du périmètre

- ✓ **Planning d'exécution des travaux**

Le planning recense les travaux qui doivent être réalisés pour l'aménagement dans un délai préétabli. Il permet une meilleure gestion des travaux. Il est joint en annexe 12.

- ✓ **Travaux d'entretien et de gestion du périmètre**

La bonne gestion de l'aménagement, nécessitera un planning exact de toutes les activités à réaliser par les agriculteurs. Les deux activités principales sont : la gestion de la distribution de l'eau sur le périmètre et l'entretien de ses infrastructures routières et hydrauliques.

- **Entretien des conduites et de la station de pompage**

Une purge annuelle en début de campagne agricole est nécessaire pour se débarrasser des éventuels dépôts. L'entretien des stations de pompage se résume à faire un suivi périodique et rigoureux des équipements de pompage afin prévenir les pannes et en entretien courant pour détecter les défaillances. Le suivi prend en compte les recommandations du constructeur.

De plus les filetages des vannes doivent être lubrifiés en vue d'éviter leur corrosion et par conséquent leur assurer une durée de vie plus longue.

- **Entretien des bassins partiteurs et prises**

Certaines parties des prises et des bassins (tube pvc) étant exposées, cela entraîne leur dégradation et réduit leur durée de vie. Des couches de protection notamment la peinture blanche permet d'atténuer le vieillissement. Spécifiquement l'entretien consiste à un nettoyage régulier avant le début de chaque saison, le colmatage des fissures et le faucardage pour éviter leur destruction.

• Entretien du réseau de drainage

Il faut effectuer un curage et/ou un déblai régulier des canaux et des drains afin d'éviter les bouchages et faciliter ainsi l'écoulement de l'eau. Cet entretien doit être effectué tous les 2 ans. Pour maintenir un bon état des canaux, souvent procéder au bouchage des ravines et fissures avec de la latérite lorsque cela est essentiel.

• Entretien des pistes

Les pistes doivent subir un remblai régulier périodique (5 à 10 ans) afin de maintenir ou de corriger les profils.

✓ Gestion du périmètre

La gestion concerne le respect des paramètres de l'irrigation essentiellement le tour d'eau, temps de pompage maximal journalier, la dose d'irrigation. Le périmètre fonctionnera six (06) jours sur sept (07) une rotation de trois jours est mise en place.

L'eau d'irrigation devra être géré consciencieusement et pour cela le gardiennage est nécessaire avec pour objectif :

- Mettre en marche ou en arrêter les motopompes ;
- Veiller au respect du calendrier d'irrigation ;
- Surveiller les équipements présents sur le périmètre.

Les équipements et les infrastructures sont également concernés par la gestion. Les ouvrages de curage, de remblai et de purge seront en général laissés à la charge des exploitants. Quant aux grosses pannes nécessitant l'intervention d'un spécialiste ou le remplacement d'un équipement, les exploitants s'organiseront en association et payeront des redevances qui permettront de réparer le réseau dans ce genre de situation. Les pompes choisies sont des petites

pompes qui peuvent être réparées par les mécaniciens locaux étant donné que la commune se trouve à proximité.

VI EVALUATION FINANCIERE DE L'AMENAGEMENT

VI.1 Coût estimatif de l'aménagement

Le coût total des travaux d'aménagement s'élève à **quatre-vingt-dix-neuf millions cinq cent dix mille quatre-vingt-seize francs FCFA TTC** (99 510 096 FCFA), prix tout taxes comprises, soit 7 941 747 FCFA à l'hectare. Le récapitulatif des différents montants est présenté dans le tableau à l'annexe 9.

VI.2 Étude de rentabilité

On obtient un bénéfice net de deux millions trois cent soixante-quatre mille francs FCFA (2 364 000 FCFA). Au vu du coût de réalisation du projet nous estimons la durée de retour sur investissement est de 3 ans et 4 mois. Ce prix est abordable et l'aménagement sera rentable. Les comptes d'exploitation à l'hectare de différentes spéculations sont détaillés dans les notes de calcul à l'Annexe 10.

VII NOTICE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE

Tout projet a des incidences sur son milieu récepteur de près ou de loin. Cette partie doit permettre de mesurer l'impact de l'aménagement sur le plan humain, et biophysique, et déterminer les mesures à entreprendre pour minimiser les effets négatifs du projet. La mise en place de l'aménagement hydro-agricole de Niangdo est susceptible d'avoir des impacts significatifs sur l'environnement qui sont régis par un cadre institutionnel et juridique notamment la loi N°0052/97/ADP et N°006/97/ADP portant Code de l'Environnement qui a été adoptée en janvier 1997 et son décret d'application n° 2001-342/PRES/PM/MEE du 17 juillet 2001, portant champ d'application, contenu et procédure de l'étude et de la notice d'impact sur l'environnement et toute réalisation de grands travaux entraînant un défrichement est soumise à une autorisation préalable du Ministre chargé des forêts sur la base d'une étude d'Impact sur l'Environnement. Selon le guide général de réalisation des études et notices d'impact sur l'environnement, le projet d'aménagement du site de Niangdo de 15 ha peut être classée en catégorie B en fonction du secteur d'activité et de la superficie des terres irriguées. Ainsi cette étude est assujettie à une notice d'impact environnemental des travaux

**Avant-projet détaillé de l'aménagement d'un périmètre irrigué de 15 ha à l'aval du barrage de Niangdo
dans la commune de Poa au Burkina Faso**

d'aménagement du périmètre de Niangdo. La mise en œuvre de la notice sollicite un coût de **17 031 500 FCFA**. Le tableau suivant donne l'estimation des charges qui y sont liées.

N°	Mesures	Coût unitaire	Quantité	Montants
1.	Mesures d'atténuation et de bonification			
1.1	Reboisement	500	1 063	531 500
	Compenser les pertes de biens	500 000	10	5 000 000
1.2	Animation/ sensibilisation sur la gestion des ressources naturelles du village / sensibilisation sur les maladies hydriques	500 000	5	2 500 000
Sous total 1				8 031 500
2.	Appuis			
	Renforcement des capacités des exploitants par des formations des agents des services déconcentrés et mairie, et des producteurs	500 000	5	2 500 000
2.2	Techniques d'utilisation des pesticides et engrais	500 000	5	2 500 000
2.3	Techniques de production maraîchère	500 000	5	2 500 000
Sous total 2				7 500 000
3.	Mesure de surveillance et de suivi			
3.1	Appui des services de l'environnement à la mise en œuvre des défrichements	1 000 000	1	1 000 000
3.2	Contrôle environnemental	500 000	1	500 000
Sous total 3				1 500 000
TOTAL COUT				17 031 500

L'évaluation des impacts et le récapitulatif de la notice d'impact environnemental (NIE) est joint en annexe 11.

VIII CONCLUSION ET RECOMMANDATION

IX.1 Conclusion

Le système d'irrigation mis en place pour l'aménagement du périmètre de Niangdo est de type semi-californien. C'est un système à manœuvre facile, à la portée des exploitants et qui dépendent peu de technicité de leur part. Les résultats de l'étude effectuée révèlent une disponibilité en eau du barrage pour assurer les besoins en eau d'une campagne sèche de Octobre à Mars avec la possibilité d'irriguer 13,3ha sur les 15 ha projetés. Le dimensionnement du réseau d'irrigation donne un débit d'équipement de **3,45 l/s/ha** qui est acceptable pour un système de ce type [11]. Au regard du coût à l'hectare de **7 941 747 FCFA** et de la durée de retour sur investissement de **3 ans**, on peut conclure que l'aménagement sera rentable. Cependant il faudra respecter textuellement le calendrier d'irrigation et les initiatives de bonne gestion proposées notamment une contribution aux charges de carburant, et un entretien régulier des ouvrages. Ainsi l'aménagement prévu répondra aux objectifs identifiés dans les termes de références et peut être vu comme une étape essentielle de renforcement des capacités des exploitants vers l'adoption de nouveaux systèmes d'irrigation plus avancés.

IX.2 Recommandations

Le recueil des expériences passées (PAFASP) dans certaines localités du Burkina en matière de gestion de périmètre post-projet soulève des inquiétudes face à la durabilité de l'aménagement de Niangdo. Alors, dans l'optique de tirer des leçons pour mieux gérer notre aménagement, nous préconisons les actions suivantes à mener :

- Mettre en place un comité de gestion du barrage pour veiller au soutirage illégale et anarchiques de l'eau à des fins autres que l'irrigation du périmètre à l'aval.
- L'appui technique des services de l'agriculture de par leur expérience afin de former les exploitants aux bonnes pratiques de maraichage et leur fournir les variétés de semence adaptées à la saison de culture et à haut rendement.
- Former les mécaniciens locaux à la maintenance des groupes motopompes
- L'avènement du barrage aura un impact sur les nappes phréatiques tout autour de la zone [19], donc prospecter et réaliser des forages positifs pour l'irriguer plus de superficie au travers d'un système plus économe en eau, plus durable et écologique notamment l'aspersion.
- Impliquer les autorités légales, religieuses, et coutumières dans la résolution de problèmes liés à l'aménagement. Cela permettra une meilleure acceptation des décisions prises.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] « Burkina Faso | Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire ». <https://agriculture.gouv.fr/burkina-faso>.
- [2] « Ministère de l'Administration Territoriale et de la Décentralisation », Ministère de l'Administration Territoriale et de la Décentralisation, 5 août 2023. <https://www.matd.gov.bf/accueil>.
- [3] « Agence Nationale de la Météorologie », Météo Burkina, 2022. <http://meteoburkina.bf/specialinfo.php>.
- [4] Institut de la Démographie, « Recensement Général de la Population et de l'habitation », RGPH 2019.
- [5] Ministère de l'agriculture, de l'hydraulique, et des ressources halieutiques, : « Politique nationale de développement durable de l'agriculture irriguée – Stratégie, plan d'action et plan d'investissement Horizon 2015 ».
- [6] MARAH, DGESS, EPA, « Annuaire des Statistiques Agro-Sylvo-Pastorales 2021 », 2021 2012. http://cns.bf/spip.php?id_rubrique=12&page=publdetails.
- [7] A. KEITA, « Irrigation Gravitaire ». 2011 2009.
- [8] « Technique des petits barrages en Afrique sahéenne et équatoriale ». CEMAGREF Edition, 1998.
- [9] BUNASOLS, « Rapport Pédologique du périmètre irrigué de NIANGDO », févr. 2023.
- [10] A. KEITA, « Irrigation par Aspersion ». 2009.
- [11] PAFASP, « Manuel Technique d'Aménagement des Terres Suivant le Mode d'Irrigation par Semi-Californien au Burkina Faso ». 2012.
- [12] L. Dr MOUNIROU, « Essentiel de Pompes et Stations de Pompage ». 2018.
- [13] « Ministère en charge de l'agriculture - [MAAH vulgarisation] Portail vulgarisation ». https://www.agriculture.bf/jcms/mar_101552/fr/-maah-vulgarisation-portail-vulgarisation?filtersParam=mar_101494.
- [14] « manuel de production et de commercialisation des semences de la tomate », manuel de production et de commercialisation des semences de la tomate. <https://cbsearch.site/>.
- [15] Crues et apports : manuel pour l'estimation des crues décennales et des apports annuels pour les petits bassins versants non jaugés de l'Afrique sahéenne et tropicale sèche. FAO, 1996.
- [16] « Cahiers techniques de la FAO ». <https://www.fao.org/3/V7160F/v7160f0b.htm>.
- [17] « FAO (2003), bulletin d'irrigation et de drainage n°24. 1974», FAO (2003), bulletin d'irrigation et de drainage n°24. 1974. - CB Search. <https://cbsearch.site/>.

[18] OIEau, « Guide technique de réalisation de Tranchée », 2013.

[19] A.-P. Etrillard, « Étude de la Recharge des Nappes Aquifères de Bidi au Burkina Faso ». 1994.

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Étude de base.....	II
Annexe 2: Calcul des Besoins en eau	XXXVII
Annexe 3: Calendrier d'irrigation	XLII
Annexe 4: Choix des pompes.....	XLIII
Annexe 5:Calcul hydraulique.....	XLV
Annexe 6:Caractéristiques des bassins et des prises	LIV
Annexe 7:Dimensionnement des colatures et drains.....	LXII
Annexe 8:Plans dessinés.....	LXIV
Annexe 9:Coût de l'aménagement	LXVIII
Annexe 10:Comptes d'exploitation des cultures	LXXIV
Annexe 11:Impact Environnemental et Social	LXXX
Annexe 12 : Planning d'exécution.....	XCVI

:Annexe 1 : Étude de base

I Étude hydrologique

A.Caractéristiques physiques et géomorphologiques du bassin versant

Un bassin versant désigne une portion de territoire clairement délimitée par des lignes de crête, également connues sous le nom de lignes de partage des eaux, et est parcourue par un réseau hydrographique commun comprenant une rivière principale, ses affluents et tous les cours d'eau qui alimentent cette région spécifique. Au sein d'un bassin versant donner, toutes les eaux reçues suivent naturellement une pente déterminée par la topographie et convergent vers un point unique appelé exutoire.

Dans notre étude, la délimitation précise du bassin versant ainsi que la détermination de ses caractéristiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Global Mapper. En utilisant les coordonnées géographiques de la zone d'étude, nous avons téléchargé le modèle numérique de terrain (MNT), qui nous a permis de délimiter et d'analyser en détail le bassin versant.

La classification des bassins versants par Rodier (bulletin 54 de la FAO) en fonction de la taille et de la superficie du bassin se présente de la manière suivante :

Tableau 25: Classification de bassin versant en fonction de sa superficie

Classe de bassin versant	Taille du bassin versant	Superficie du bassin versant (Km2)
	Très petits bassins versant	

II

Classe 1		0 à 12 Km2
Classe 2	Petits bassins versants	10 à 200 Km2
Classe 3	Bassins versants moyens	200 à 2000 Km2
Classe 4	Grands bassins versants	> 2000 Km2

- **Périmètre (P) et surface (S) du bassin versant :**

Ces deux paramètres du bassin ont été obtenus à partir du logiciel Global mapper.

- **Indice de forme ou de compacité (KG) du bassin versant :**

Il correspond au rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même superficie et permet de comparer entre eux les bassins de superficie identique. Il permet d'apprécier la forme du bassin. Le coefficient de compacité de GRAVELIUS est exprimé à partir de l'équation 1 :

Équation 1: Coefficient de compacité

$K_G = 0.282 \times P \times S^{-0.5} \quad (1)$	KG : Indice de compacité P : Périmètre du bassin versant (km) S : Superficie du bassin versant (km ²)
--	---

✓Rectangle équivalent :

C'est le rectangle ayant même surface et même périmètre que le bassin versant, sa longueur, ainsi que sa largeur sont données par les équations 2 et 3 :

$L_{eq} = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16 \times S}}{4} \quad (2)$	P : Périmètre du bassin versant (km) S : Superficie du bassin versant (km ²)
$l_{eq} = \frac{P - \sqrt{P^2 - 16 \times S}}{4} \quad (3)$	

✓Indice global de pente Ig :

L'indice global de pente est un paramètre caractérisant le relief du bassin versant. Il influe sur les vitesses de ruissellement, donc sur les crues. Son expression est :

$I_g = \frac{H_{5\%} - H_{95\%}}{L} \quad (4)$	Ig : Indice global de pente [m/km] ; L : Longueur du rectangle équivalent [km]. Les altitudes ($H_{5\%}$) et ($H_{95\%}$)
--	---

Les altitudes ($H5\%$) et ($H95\%$) de la surface du bassin ont été déterminées à partir de la courbehypsométrique qui est une répartition de la surface du bassin versant en fonction des altitudes.

✓ **Pente transversale moyenne :**

Elle est calculée pour corriger l'indice globale des pentes et est déterminée en faisant la moyenne de quatre à six pentes transversales du bassin versant. Lorsque la valeur moyenne des pentes transversales est supérieure à 20% de la pente longitudinale, il est nécessaire de corriger l'indice global de pente. Son expression est :

$I_{gcor} = \frac{(n - 1) \times Ig + It}{n} \quad (5)$	<p>Ig : Indice global de pente [m/km] ;</p> <p>It : Indice de pente transversale [m/km] ;</p> <p>n : coefficient qui est fonction de la longueur du rectangle équivalent ($n=2$ pour $L < 5$ km ; $n=3$ pour 5 km $< L < 25$ km ; $n=4$ pour 25 km $< L < 50$ km ; $n=5$ pour $L > 50$ km).</p>
---	--

✓ **Dénivelée spécifique D_s :**

La dénivelée spécifique, à la différence de l'indice de pente global, permet de comparer des bassins de taille différentes.

$D_s = I_{gcor} \sqrt{S} \quad (6)$	<p>D_s = Dénivelée spécifique</p> <p>Ig = Indice global de pente</p>
-------------------------------------	--

	S = la superficie du bassin versant (km ²)
--	--

Suivant la valeur de la dénivelée spécifique (Ds), le manuel (FAO 54, 1996) distingue sept (5) types de reliefs à savoir :

Tableau 26: relief en fonction de la Dénivelée spécifique

Dénivelée spécifique	Relief
$D_s < 50$	Faible
$50 < D_s < 100$	Modéré
$100 \text{ m} < D_s < 250 \text{ m}$	Assez Fort
$250 \text{ m} < D_s < 500 \text{ m}$	Relief fort
$D_s > 500 \text{ m}$	Relief très fort

✓ **Densité de drainage :**

La densité de drainage est le rapport entre la longueur totale du réseau hydrographique et la surface du bassin versant. Elle est obtenue à partir de l'équation 5 :

$$D_d = \frac{\sum Li}{S} \quad (7)$$

Li : Longueur totale des cours d'eau (km)

S = la superficie du bassin versant (km²)

✓ Répartition hypsométrique :

La courbe hypsométrique du bassin versant donnant le pourcentage de la superficie S du bassin versant située au-dessus d'une altitude donnée H, celle-ci permettra de déterminer l'indice global de pente (I_g).

✓ Pente longitudinale du bassin versant :

Elle influe de manière notable sur les débits de crues en augmentant ou en diminuant les vitesses de ruissellement suivant que la pente est forte ou faible. Il est l'indice qui caractérise le relief du bassin en fonction des pentes. La détermination exacte de la pente est assez délicate en raison des variations à travers tout le bassin.

La formule simplifiée de Grésillon permet d'estimer cette pente qui est défini comme suit :

$$I_L = \frac{0.026}{\sqrt{S}} \quad (8)$$

I_L : Pente longitudinale (m/km)

S = la superficie du bassin versant (km²)

✓ Classification du bassin en fonction de la pente longitudinale moyenne :

L'ORSTOM (actuellement IRD : Institut de Recherche pour le Développement) définit les classes en fonction de la pente longitudinale (FAO 54, 1996) :

Classes	Description
R1	Bassins de pentes extrêmement faibles inférieures à 2 m/km (2‰).
R2	Bassins de pentes faibles comprises entre 2 m/km et 5 m/km (2‰ et 5‰). Ce sont des bassins de plaine
R3	Bassins de pentes modérées comprises entre 5 et 10 m/km (5‰ et 1%). Ce sont des terrains intermédiaires entre la plaine et les zones à ondulation de terrain
R4	Bassins de pentes assez fortes : pentes longitudinales comprises entre 1% et 2%, ce sont des zones d'ondulation de terrain.
R5	Correspond à des bassins de pentes fortes : pentes longitudinales comprises entre 2 et 5 %, pentes transversales entre 8 et 20 %. Ce sont des régions de collines.

R6	Correspond à des bassins de pentes très fortes : pentes longitudinales supérieures à 5 %, pentes transversales supérieures à 20 %. Ce sont des régions de montagnes
----	---

Pour les pentes transversales supérieures à 2%. Ce sont des zones d'ondulation de terrain.

Caractéristiques physiques et morphologiques du bassin versant sont comme suit :

Tableau 27 : Paramètres physique et morphologiques du bassin versant

Paramètres physiques et morphologiques	Symbole	Unité	Valeur
Superficie	P	km ²	5,21
Périmètre	S	Km	12,81
Pente transversale	It	m/Km	5,08
Pente longitudinale	IL	m/Km	11.39
Indice de compacité	Ic	m/km	1,58
Longueur du rectangle équivalent	Leq	Km	5,45

Longueur du cours d'eau	Le	Km	2,97
Longueur totale du réseau hydrographique	LTe	Km	3.14
Altitude maximale	Zmax =	m	369,00
Altitude minimale	Zmin =	m	325,00
Densité de drainage	Dd		0.60
Indice de pente globale	Ig		4.78
Classe de relief	-	-	R3
Classe de perméabilité	-	-	RI
Type de réseau hydrographique	-	-	Radial

B. Analyse fréquentielle des pluies :

X

Les analyses fréquentielles des pluies ont été faites grâce aux données pluviométriques recueillies à l'agence de la météorologie. Les données sont celles de la station de Saria qui est la plus proche du village de Niangdo. Les pluies moyennes annuelles (1992 – 2019) ont été ajustées à partir de la loi de GAUSS dont la fonction de répartition est décrite par l'équation suivante :

Loi	Fonction de répartition	Paramètres de la loi
Gauss (loi normale)	$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad (9)$	U = la variante réduite
	$u = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$	\bar{x} = la moyenne σ = L'écart type

Quant aux pluies maximales journalières (1992 – 2019), elles ont été traitées à partir de la loi de GUMBEL dont la fonction de répartition est donnée par l'équation suivante :

Loi	Fonction de répartition	Paramètres de la loi
Gumbel	$F(x) = e^{-e^{-a(x-x_0)}} \quad (10)$	x_0 = Paramètre de position a = Paramètre d'échelle

Tableau 28 : Pluviométrie de la station de SARIA

ANNEES	JANVIER	FÉVRIER	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUILLET	AOÛT	SEPT	OCT	NOV	DEC	TOTAL
1992	0	0	0	5	69	114	308	203	100	28	12	0	839,00
1993	0	1	22	5	64	123	147	291	175	70	0	0	896,30
1994	0	0	28	4	91	100	194	417	176	144	0	0	1152,80
1995	0	0	0	18	72	170	125	322	136	23	2	0	867,30
1996	0	0	1	40	55	86	171	214	174	41	0	0	781,70
1997	0	0	8	48	96	150	189	212	99	20	0	0	820,20
1998	0	0	0	30	57	18	148	197	196	33	0	0	679,00
1999	0	0	0	14	150	25	153	377	240	6	0	0	964,80
2000	0	0	0	6	42	88	396	150	65	52	0	0	797,50
2001	0	0	0	1	131	52	164	176	137	3	0	0	663,10
2002	0	0	0	0	3	53	198	222	127	45	0	0	646,20
2003	0	0	7	31	37	185	169	258	133	58	0	0	878,10
2004	0	0	7	56	19	78	259	151	174	30	0	0	774,70
2005	0	0	4					313	130	21	0	0	467,70
2006	0	0	0	3	20	78	211	252	147	44	0	0	754,40
2007	0	0	0	38	7	59	194	359	192	0	0	0	849,00
2008	0	0	5	6	70	70	195	231		92	0	0	667,40
2009	0	1	14	9	49	139	183	160	228	0	0	0	782,50
2010	0	2	0	31	89	99	106	267	255	106	0	0	954,10
2011	0	0	1		47	94	179	252	137	39	0	0	747,60
2012	0	0	0	12	22	23	214	346	166	43	1	0	827,50
2013	0	0	8	7	36	82	170	204	119	3			627,10
2014	3	0	0	4	79	98	209	242	170	66	0	0	871,40

2015	0	0	0	0	20	154	177	314	178	43	0	0	887,00
2016	0	1	5	54	135	129	286	211	148	12	0	0	980,70
2017	0	0	0	12	102	136	211	196	99	17	0	0	773,40
2018	0	41	20	0	52	99	190	212	226				838,80
2019	0	0	36										36,10

L'analyse fréquentielle donne les résultats suivants

Loi Normale (Maximum de vraisemblance)						
T	T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	Caractéristiques
10000	0.9999	1270	73,4	73.421	1190 - 1460	Années Humides
2000	0.9995	1220	66	66.046	1130 - 1370	
1000	0.9990	1200	62,6	62.644	1100 - 1330	
200	0.9950	1140	54,1	54.093	1020 - 1230	
100	0.9900	1110	50,1	50.070	988 - 1170	
50	0.9800	1080	45,8	45.803	948 - 1120	
20	0.9500	1030	39,7	39.745	887 - 1040	
10	0.9000	988	34,9	34.860	833 - 963	
5	0.8000	937	29,9	29.917	764 - 877	
	0.6667	889	26,8	26.756	698 - 799	
2	0.5000	838	25,5	25.544	625 - 721	Moyenne
	0.3000	777	27,3	27.323	530 - 632	Années Sèches
5	0.2000	740	29,9	29.917	469 - 581	
10	0.1000	688	34,9	34.860	383 - 513	
20	0.0500	646	39,7	39.745	310 - 459	
50	0.0200	598	45,8	45.803	227 - 398	

100	0.0100	566	50,1	50.070	171 - 358
200	0.0050	537	54,1	54.093	120 - 322
1000	0.0010	477	62,6	62.644	13.8 - 247
2000	0.0005	453	66	66.046	-27.7 - 218
10000	0.0001	403	73,4	73.421	-274

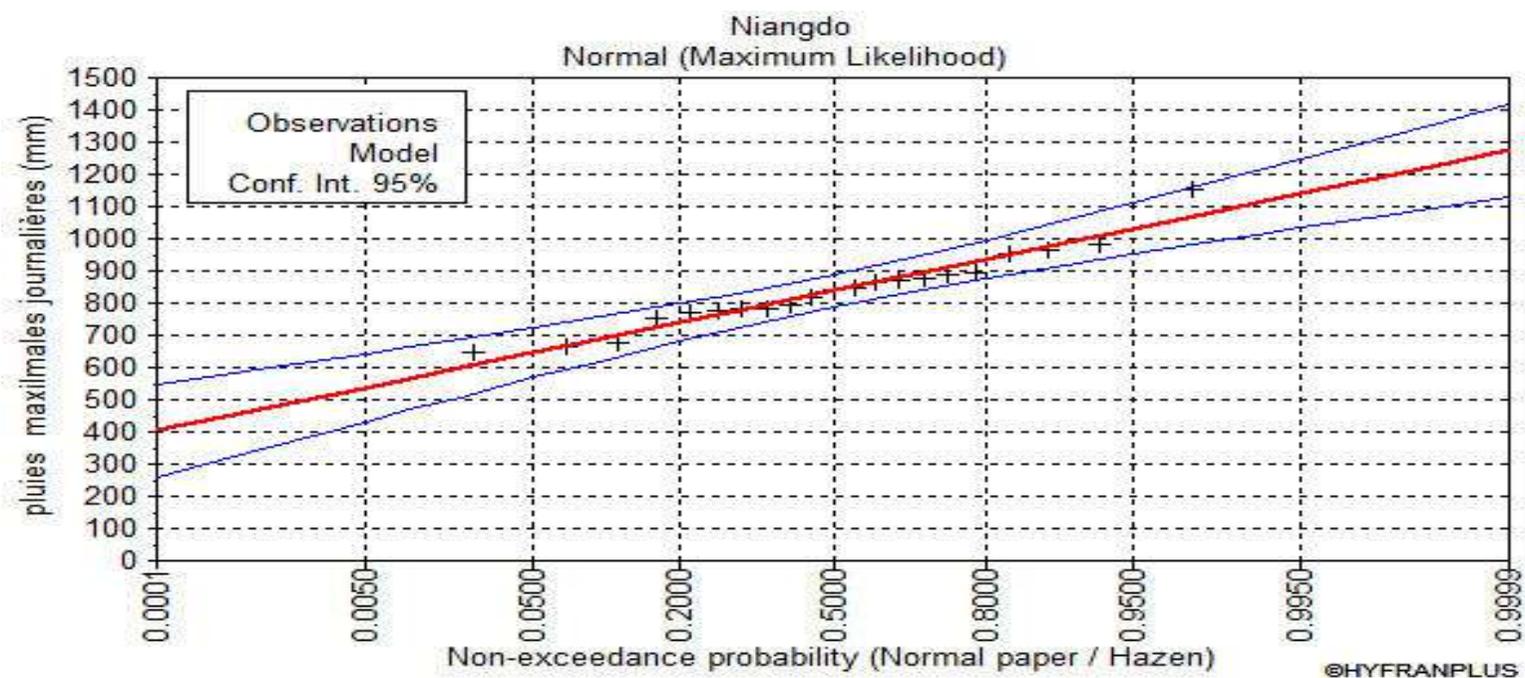


Figure 17 : Ajustement par la Loi Normal

Loi de Gumbel (méthodes des moments)						
T	T	q	XT	Écart-type	Intervalle de confiance (95%)	Caractéristiques
10000	10000.0	0.9999	209	31.0	260 - 399	Années Humides
2000	2000.0	0.9995	184	25.7	220 - 335	
1000	1000.0	0.9990	173	23.4	203 - 307	
200	200.0	0.9950	147	18.1	163 - 243	
100	100.0	0.9900	136	15.9	146 - 215	
50	50.0	0.9800	125	13.6	129 - 188	
20	20.0	0.9500	111	10.7	106 - 152	
10	10.0	0.9000	99,3	8.46	89.4 - 124	
5	5.0	0.8000	87,5	6.26	72.3 - 96.4	
	3.0	0.6667	78,1	4.72	59.7 - 76.2	
2	2.0	0.5000	69,6	3.72	49.7 - 60.1	Moyenne
	1.4286	0.3000	60,9	3.42	41.3 - 46.8	Années Sèches
5	1.2500	0.2000	56,3	3.64	37.9 - 41.5	
10	1.1111	0.1000	50,6	4.20	34.8 - 37.1	
20	1.0526	0.0500	46,5	4.77	33.3 - 35.1	
50	1.0204	0.0200	42,3	5.43	32.3 - 34.1	
100	1.0101	0.0100	39,7	5.86	32.0 - 33.8	
200	1.0050	0.0050	37,5	6.24	31.8 - 33.6	
1000	1.0010	0.0010	33,3	6.99	31.7 - 33.5	
2000	1.0005	0.0005	31,8	7.27	31.7 - 33.5	
10000	1.0001	0.0001	28,7	7.84	31.7 - 33.4	

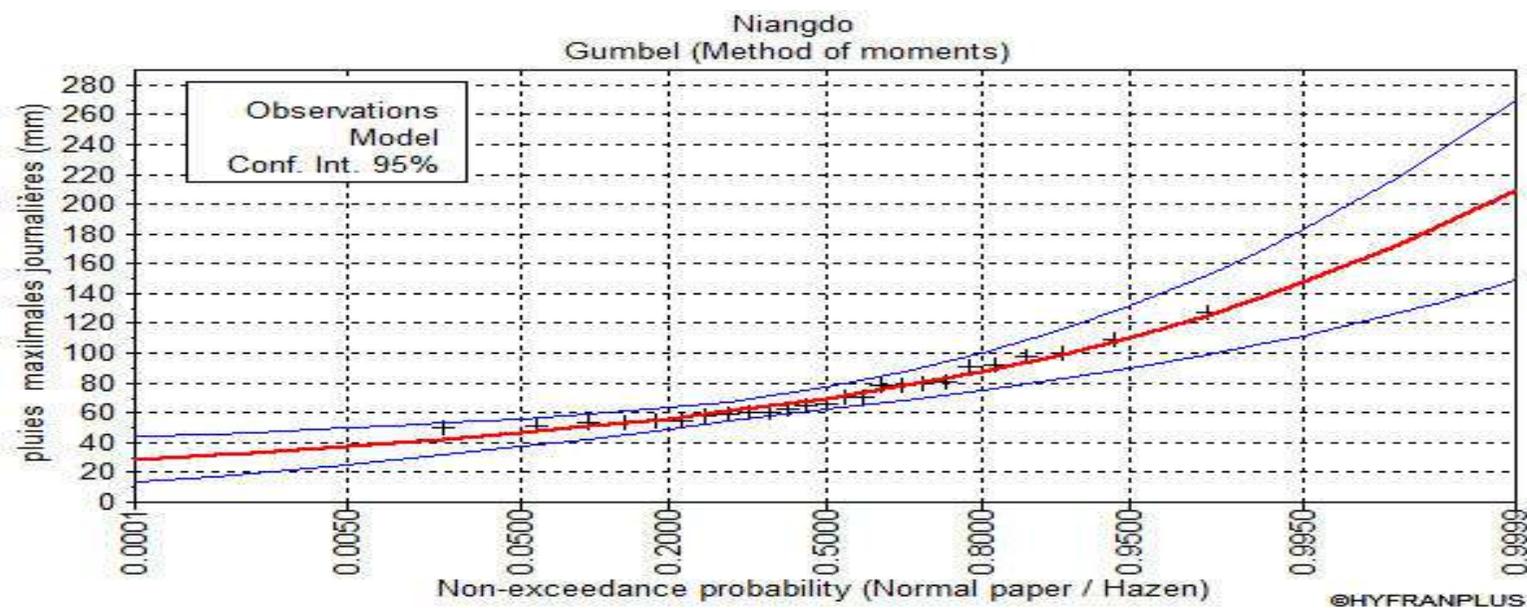


Figure 18: Ajustement par la loi de Gumbel

Période de retour	Fréquence	Pluies	Périodes
100	0,99	136	Années Humides
50	0,98	125	
20	0,95	11	
10	0,9	99,3	
5	0,8	87,5	
2	0,5	69,6	Moyenne
5	0,2	56,3	Années Sèches

10	0,1	50,6	
20	0,05	46,5	
50	0,02	42,3	
100	0,01	39,7	

Interprétation : L'analyse fréquentielle a permis d'obtenir les pluies les plus fréquentielles avec les périodes de retour. Ces paramètres notamment la pluie décennale interviennent dans le calcul des débits de crues pour le dimensionnement des ouvrages de protection.

C. Étude des apports :

L'estimation des apports en eau se fera en appliquant la méthode de Rodier. Cette méthode permet de déterminer les coefficients d'écoulement du bassin versant étudié par comparaison (en fonction du type de climat, superficie du bassin versant, dénivelée spécifique, densité de drainage et la pluie moyenne annuelle) avec un bassin type étudié par Rodier et d'estimer les apports.

✓Évaluation des apports liquides

$K_e = \frac{\text{Écoulement}}{\text{Quantile}}$ <p>Et</p> $V_{\text{apports}} = K_e \times P \times S$	<p>V : Volume des apports (m3)</p> <p>S : Surface du bassin versant (km2)</p> <p>P : Quantile pluviométrique considéré (mm)</p> <p>Ke : Coefficient d'écoulements obtenus par les abaques de RODIER</p>
---	---

✓ Evaluation des apports solides

L'eau de ruissellement le long de son parcours, elle entraîne avec elle des particules solides qu'elle détache tout au long de son trajet. De tout temps, les transports solides constituent des contraintes à une bonne productivité des retenues. Au Burkina Faso, on estime l'importance des apports solides dans les projets à l'aide des formules suivantes qui donnent un taux de dégradation spécifique. Des formules empiriques permettent d'estimer la dégradation spécifique au nombre desquelles celles de GRESILLON, GOTTSCHALK et KARAMBIRI qui nous permettrons d'estimer les apports solides par la moyenne des résultats obtenus par les formules ci-après :

D. Étude de la cuvette :

✓ La courbe hauteur-volume et hauteur surface :

Les données topographiques nous permettent de tracer la quantité d'eau drainé et les superficies dominées en fonction des cotes de terrain qui caractérisent la cuvette.

$V_{i+1} = \frac{S_i + S_{i+1}}{2} \times h$	<p>V_{i+1} : volume du bassin versant en m³</p> <p>S_i : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe i (ha)</p> <p>S_{i+1} : Surface du plan d'eau correspondant à la courbe i+1 (ha)</p> <p>H : Dénivelée entre deux courbes de niveau n et n+1</p>
--	--

II Étude topographique

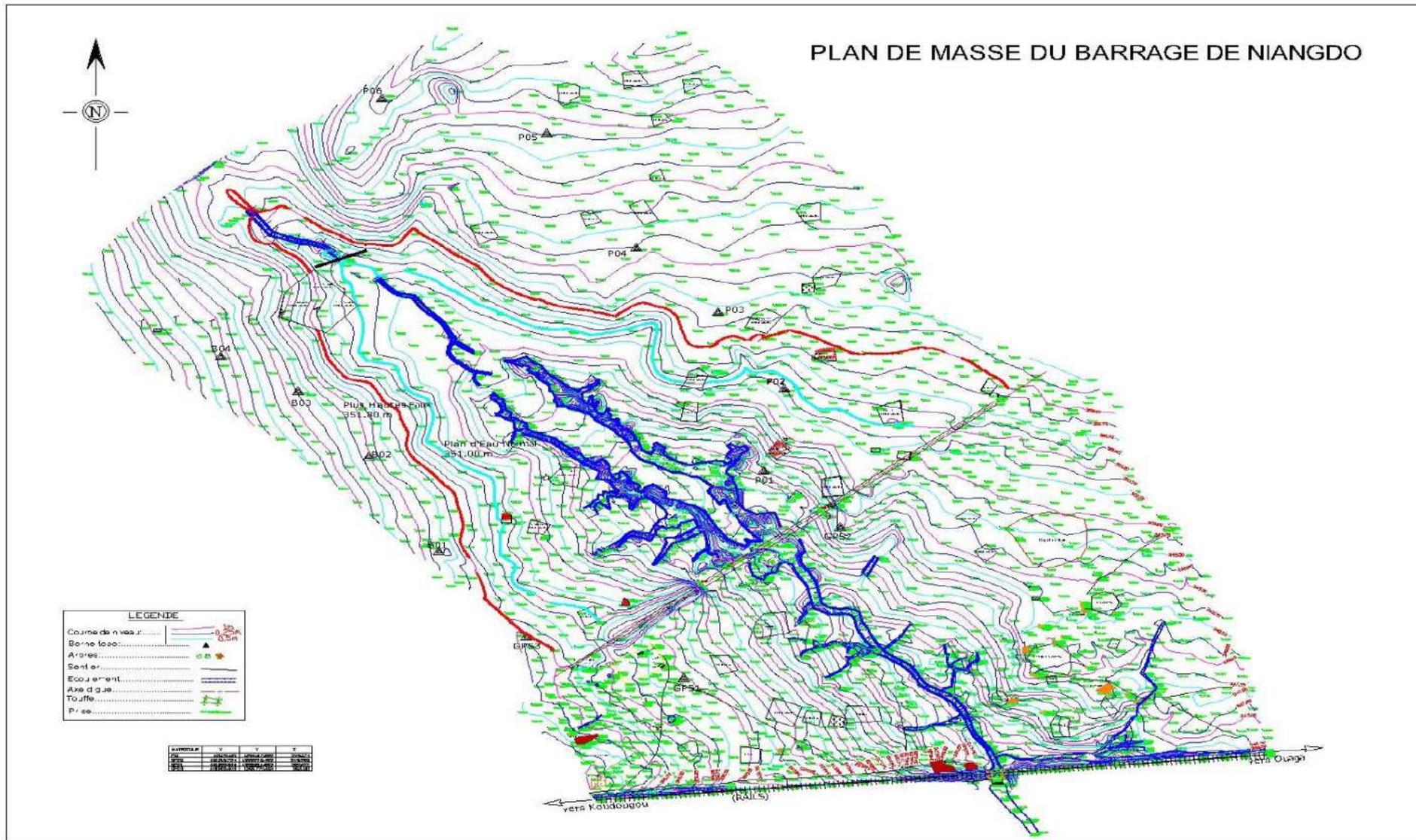
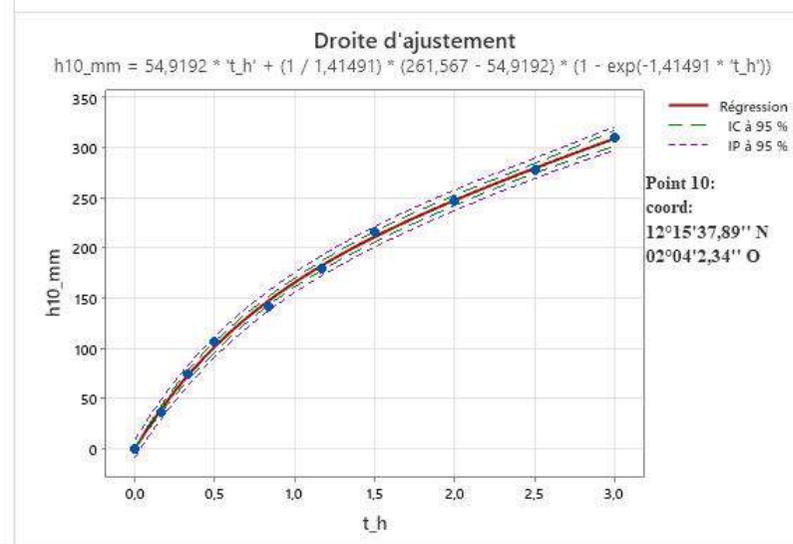
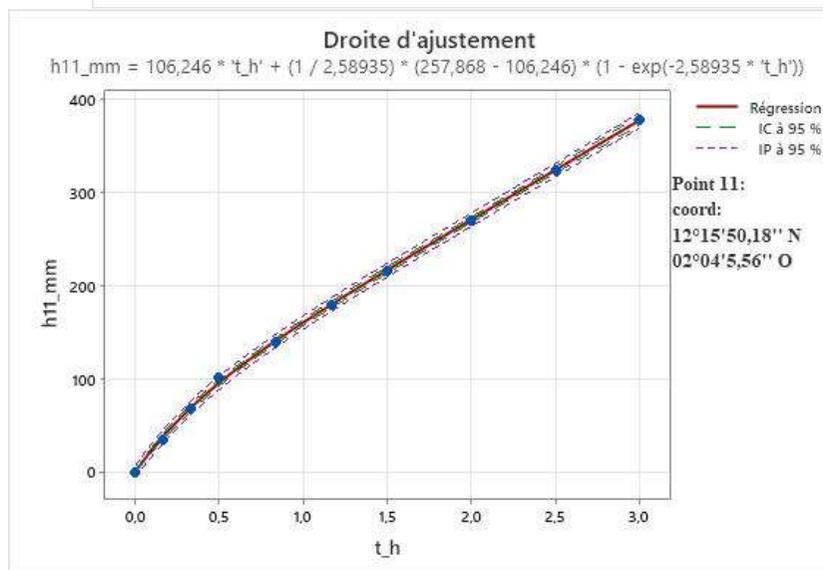
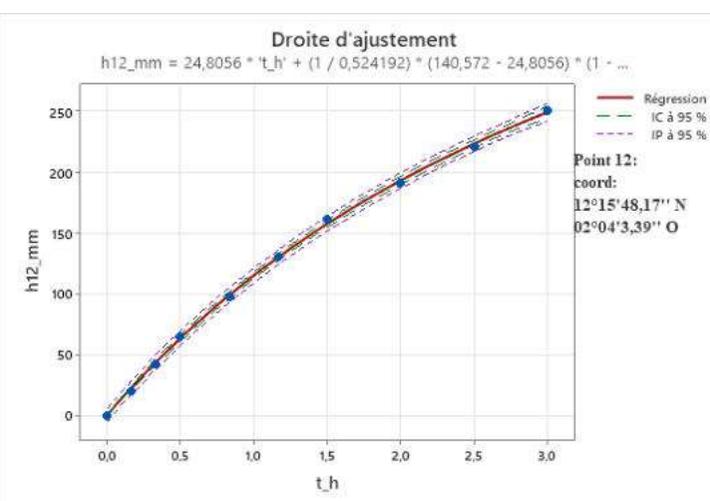
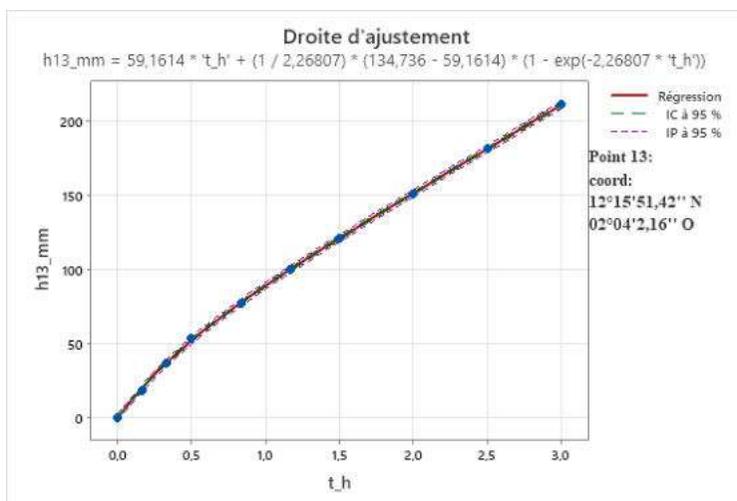


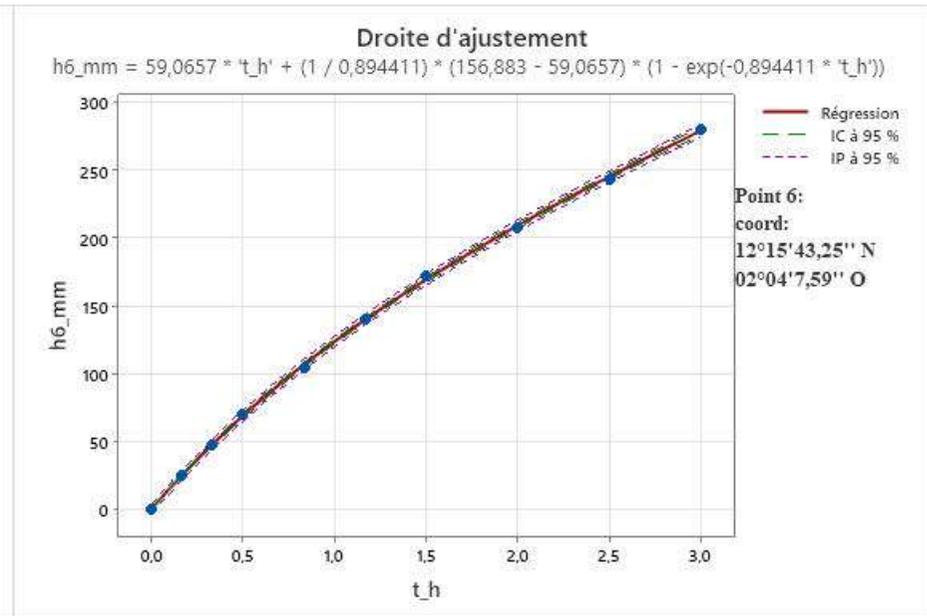
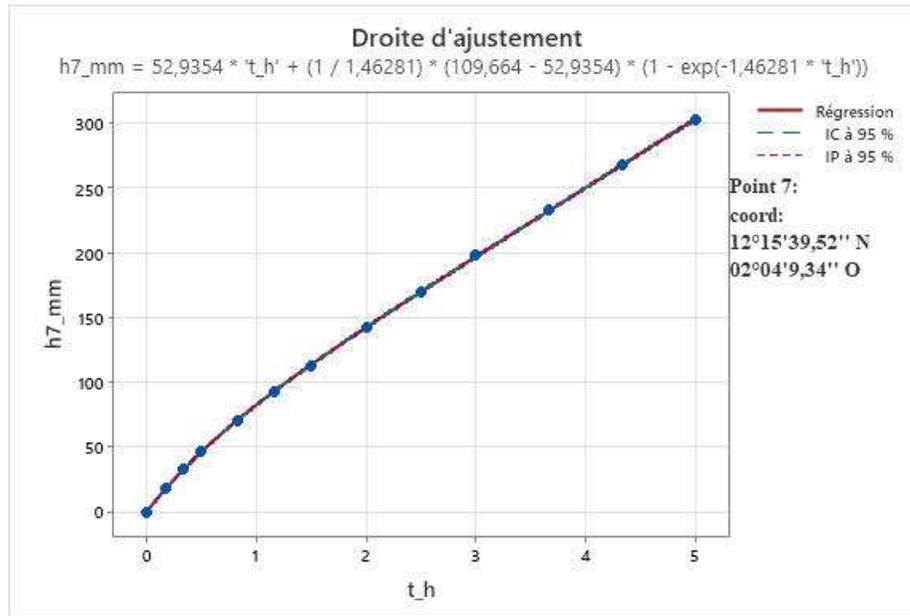
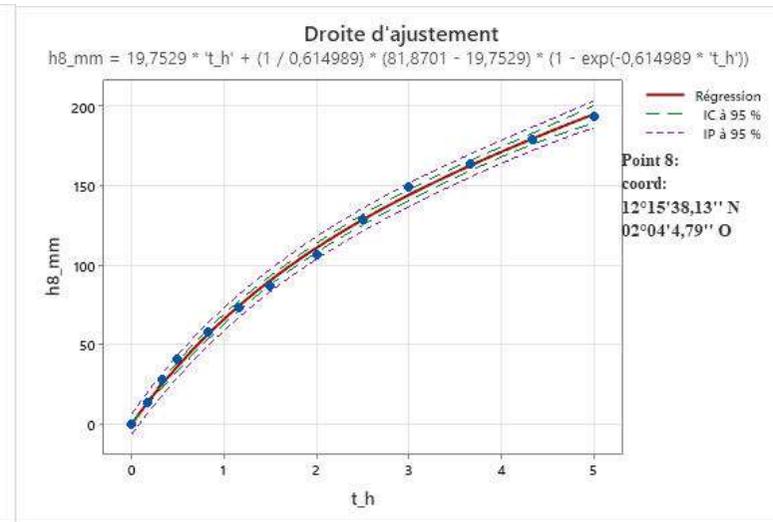
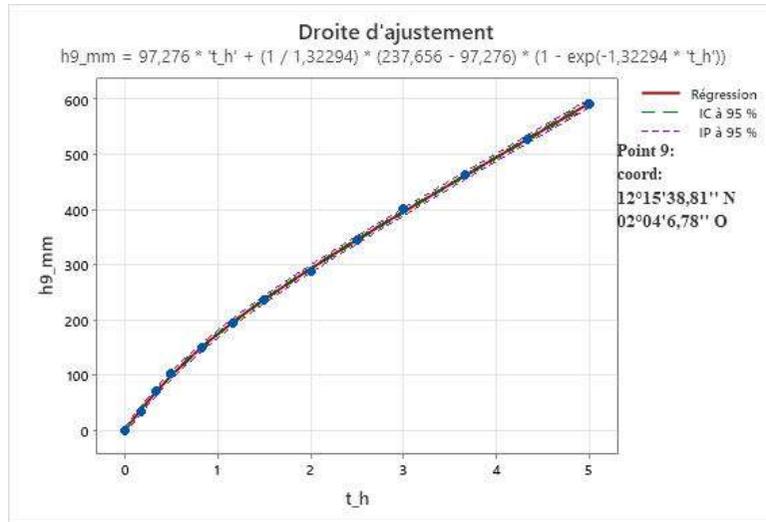
Tableau 29: Points de mesures du double anneau de Muntz

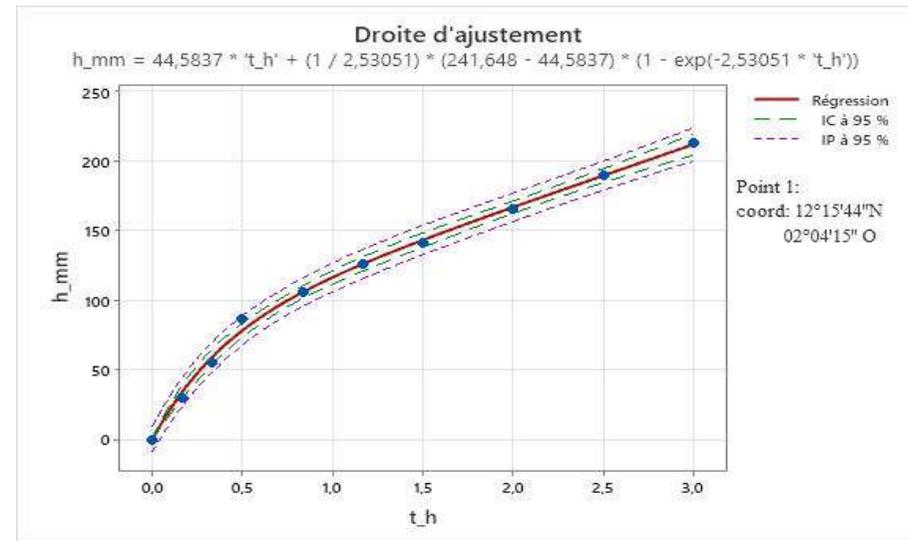
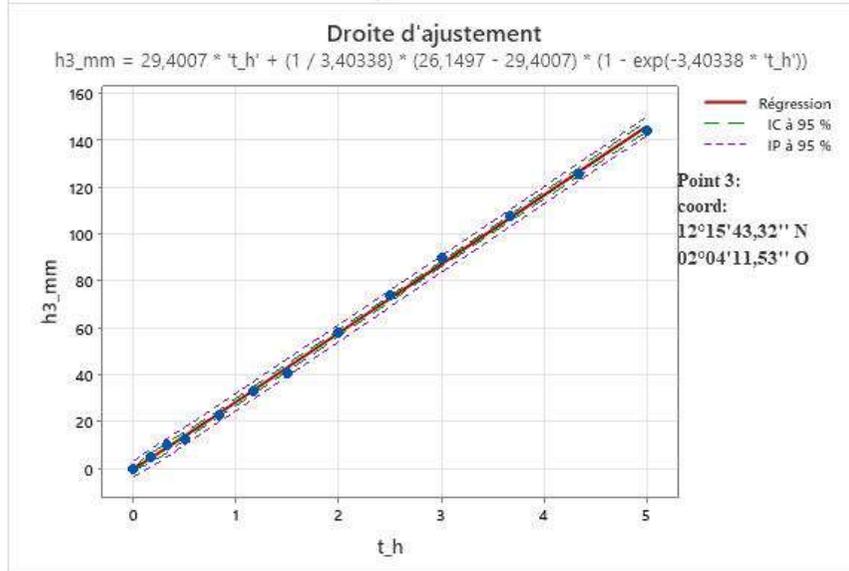
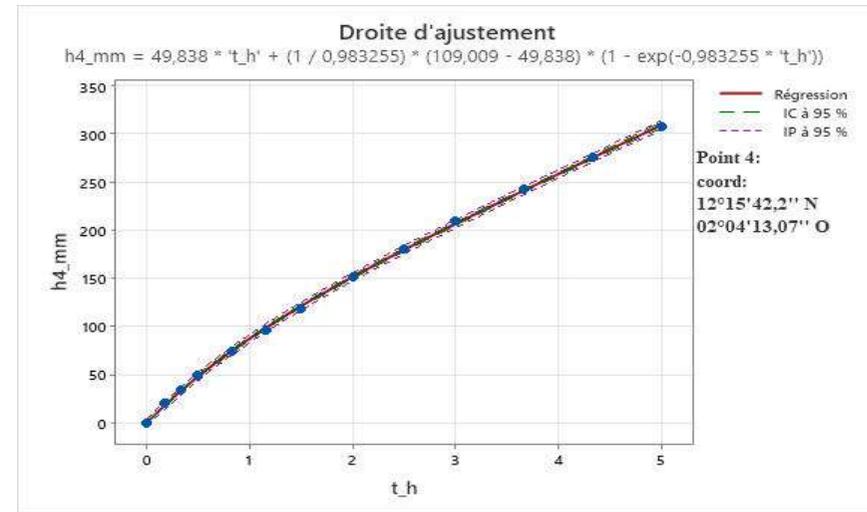
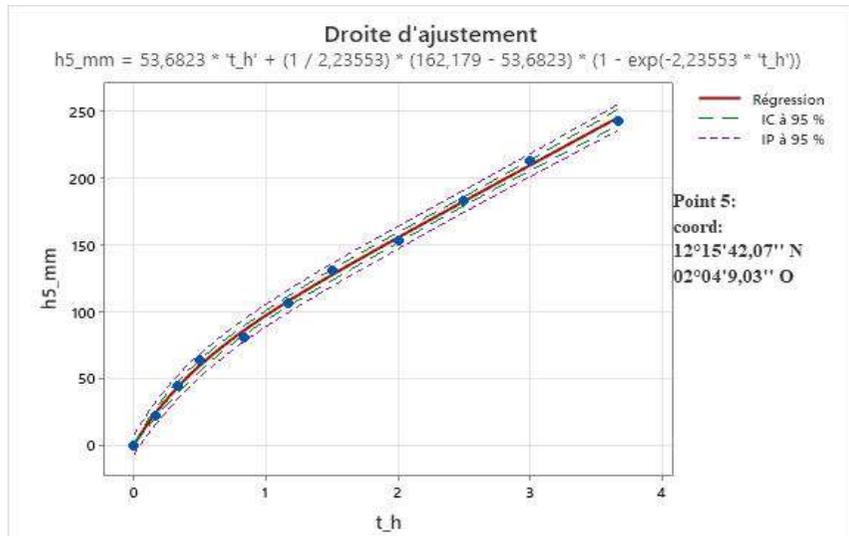
Séries	I			II			III			V		
	10,00	20	30	50	70	90	120	150	180	220	260	300
T (h)	0,17	0,33	0,50	0,83	1,17	1,50	2,00	2,50	3,00	3,67	4,33	5,00
Point 1	3,00	2,50	3,10	2,00	2,00	1,50	2,40	2,40	2,40			
Point 2	3,00	2,00	2,00	2,50	2,30	2,30	3,30	3,30	2,60	3,20	3,20	3,20
Point 3	0,50	0,50	0,30	1,00	1,00	0,80	1,70	1,60	1,60	1,80	1,80	1,80
Point 4	2,00	1,50	1,50	2,50	2,20	2,20	3,20	2,90	2,90	3,30	3,30	3,30
Point 5	2,20	2,00	1,70	2,50	2,50	2,20	3,00	3,00	3,00			
Point 6	2,50	2,20	2,30	3,50	3,50	3,20	3,60	3,60	3,60			
Point 7	1,80	1,50	1,40	2,40	2,20	2,00	3,00	2,70	2,80	3,50	3,50	3,50
Point 8	1,40	1,40	1,30	1,70	1,50	1,40	2,00	2,20	2,00	1,50	1,50	1,50
Point 9	3,60	3,60	3,20	4,70	4,40	4,10	5,30	5,70	5,50	6,30	6,30	6,30
Point 10	3,70	3,70	3,30	3,50	3,70	3,70	3,10	3,10	3,10			
Point 11	3,40	3,40	3,30	3,90	3,90	3,70	5,40	5,40	5,40			
Point 12	2,00	2,20	2,20	3,40	3,30	3,00	3,00	3,00	3,00			
Point 13	1,90	1,80	1,70	2,30	2,30	2,10	3,00	3,00	3,00			
Point 14	1,50	1,30	1,40	2,10	2,10	2,30	2,50	2,50	2,50			
Point 15	3,00	3,00	2,90	3,20	3,20	3,00	3,00	3,00	3,00			
Point 16	3,50	3,30	3,50	4,00	4,20	4,10	4,70	4,70	4,70			

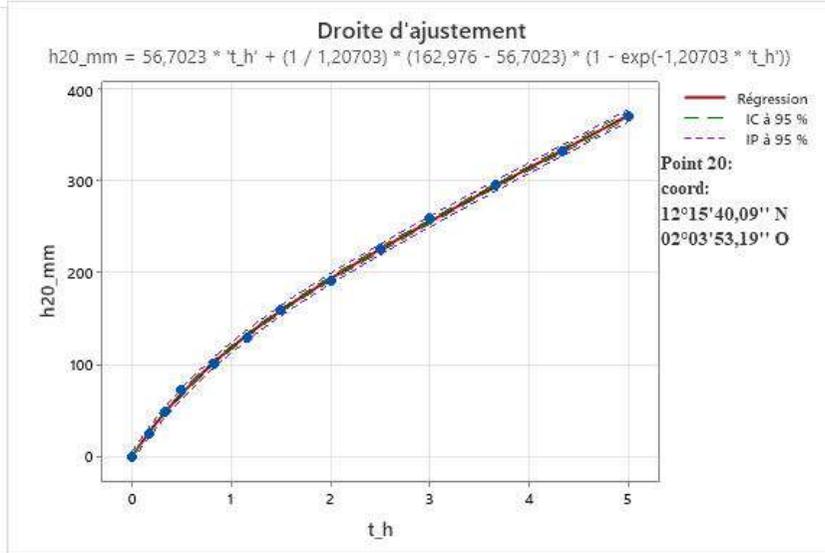
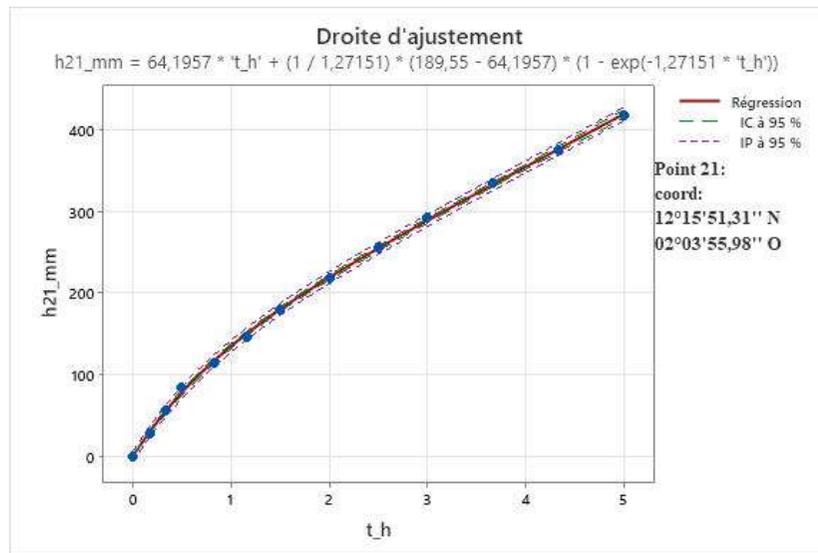
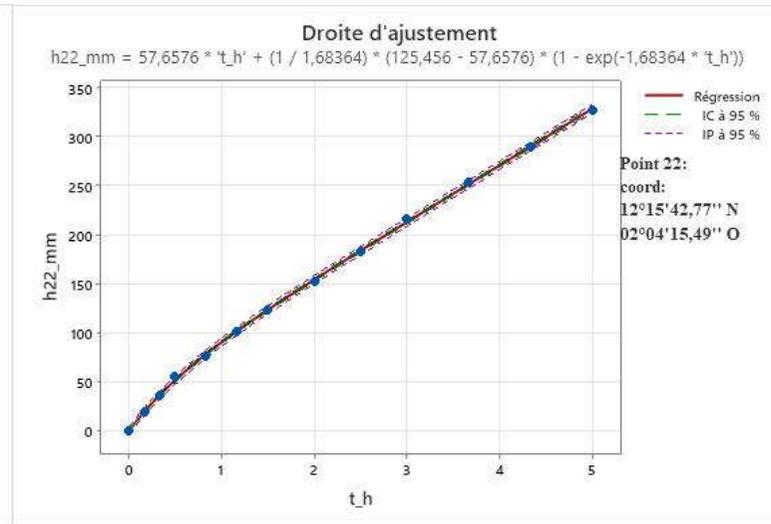
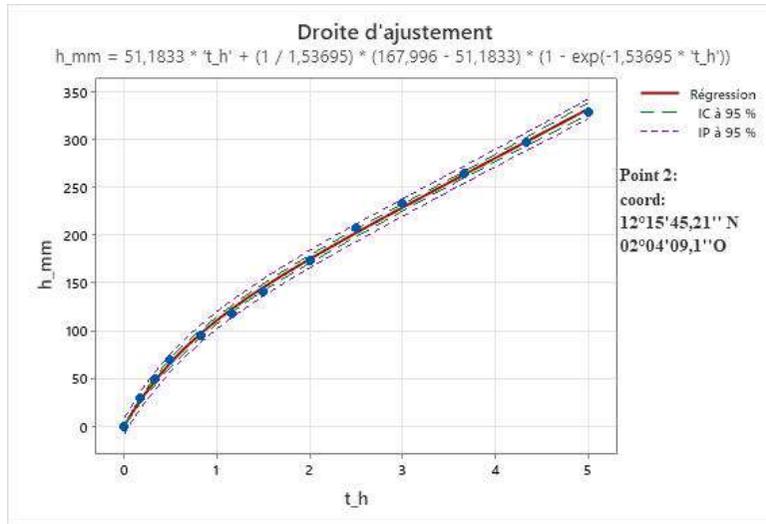
Point 17	0,90	1	1	1,3	1,2	1	1,8	1,8	1,8			
Point 18	1,30	1,2	1	1,9	1,8	1,8	2,1	2,1	2,1			
Point 19	2,00	2,3	2,2	2,7	2,7	2,5	2,5	2,5	2,5			
Point 20	0	25	24,00	24,00	28,00	29,00	29,00	32,00	35,00	33,00	37,00	37,00
Point 21	0	28	29,00	28,00	30,00	32,00	33,00	38,00	38,00	36,00	42,00	42,00
Point 22	0	19	17,00	19,00	22,00	24,00	22,00	30,00	30,00	33,00	37,00	37,00
Moyenne	2,27	2,13	2,07	2,69	2,63	2,47	3,08	3,08	3,03	3,27	3,27	3,27
Hmoyenne_cumulée	2,27	4,40	6,47	9,16	11,79	14,26	17,34	20,42	23,45	26,71	29,98	33,25

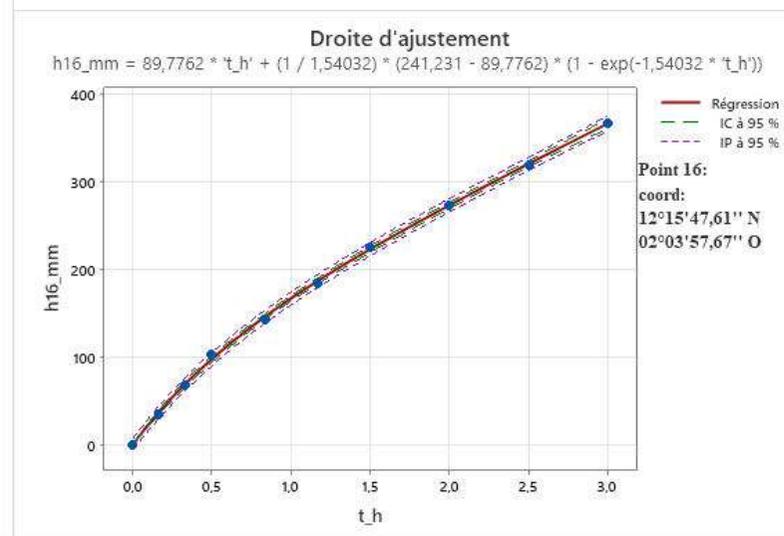
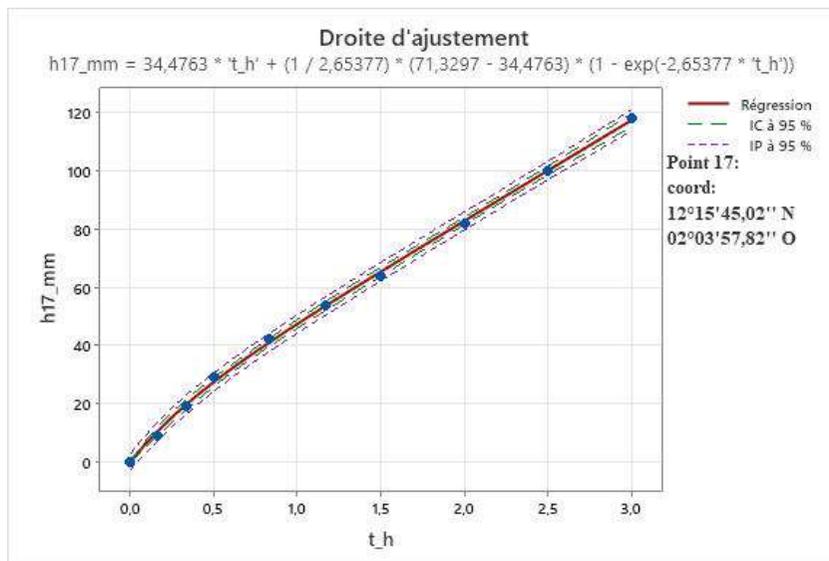
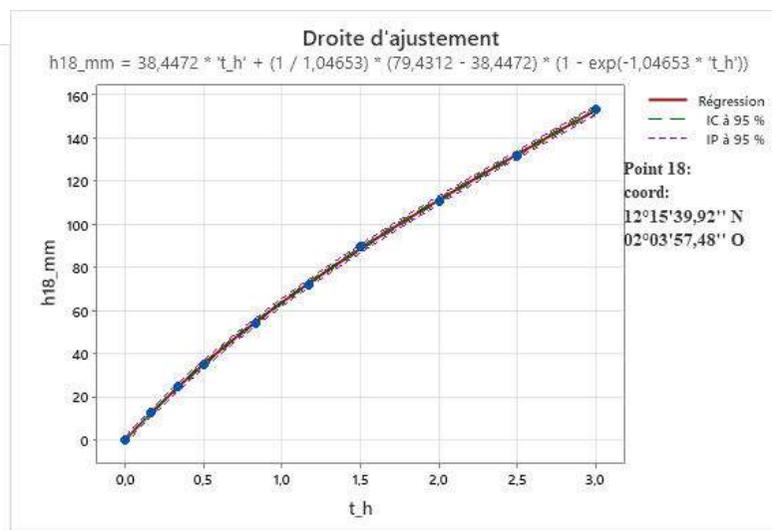
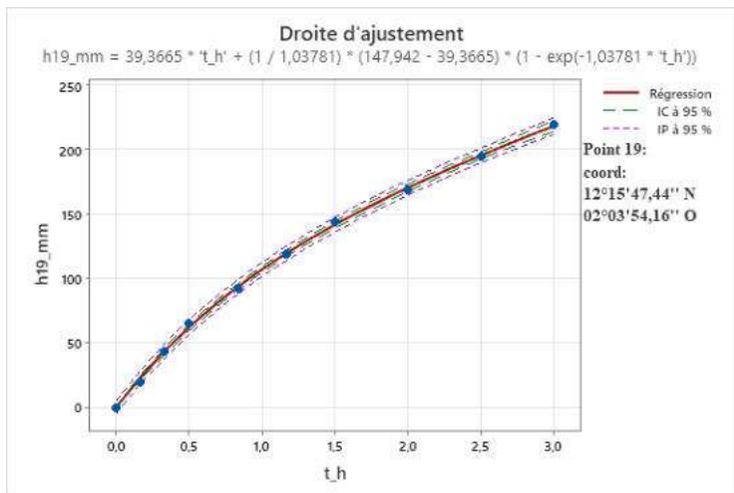
Données Minitab des points de mesures

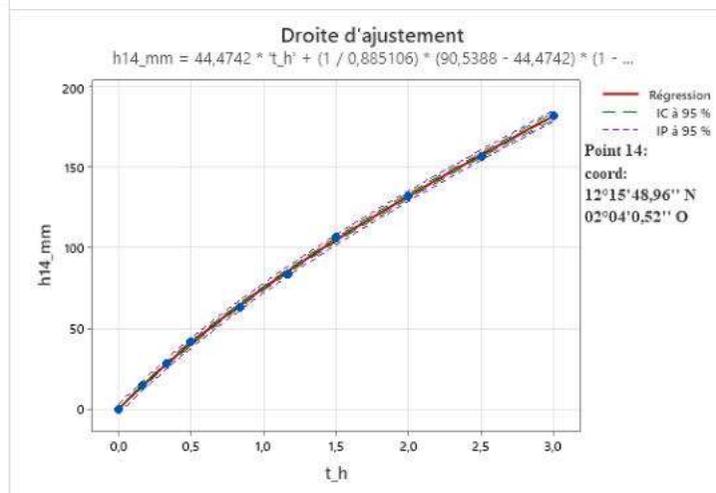
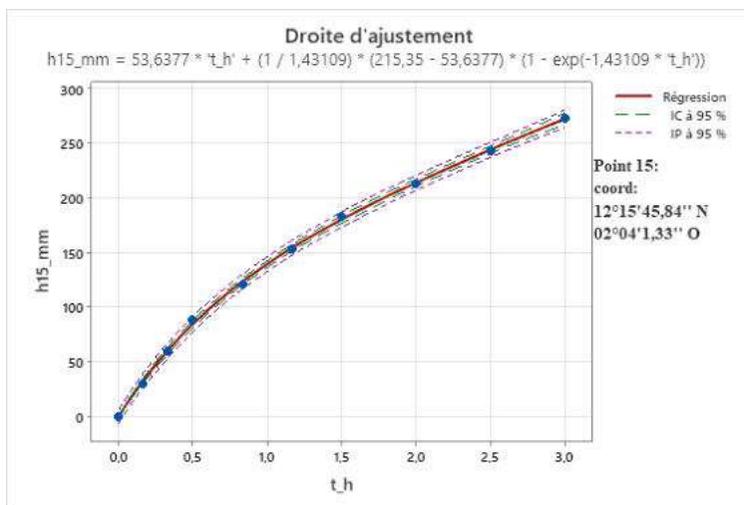




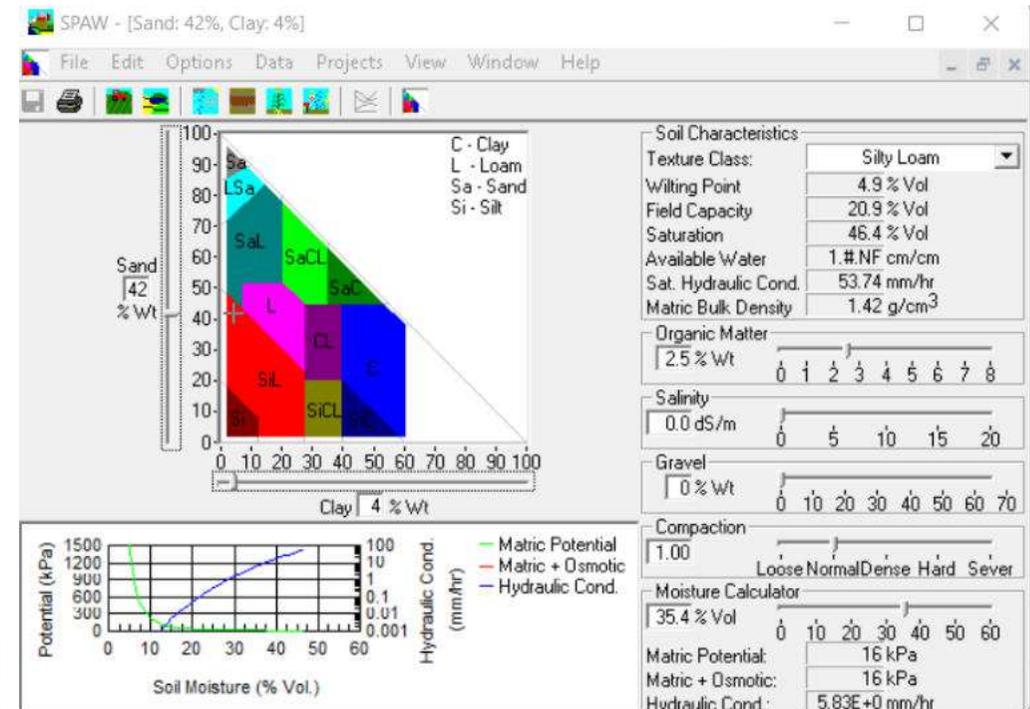
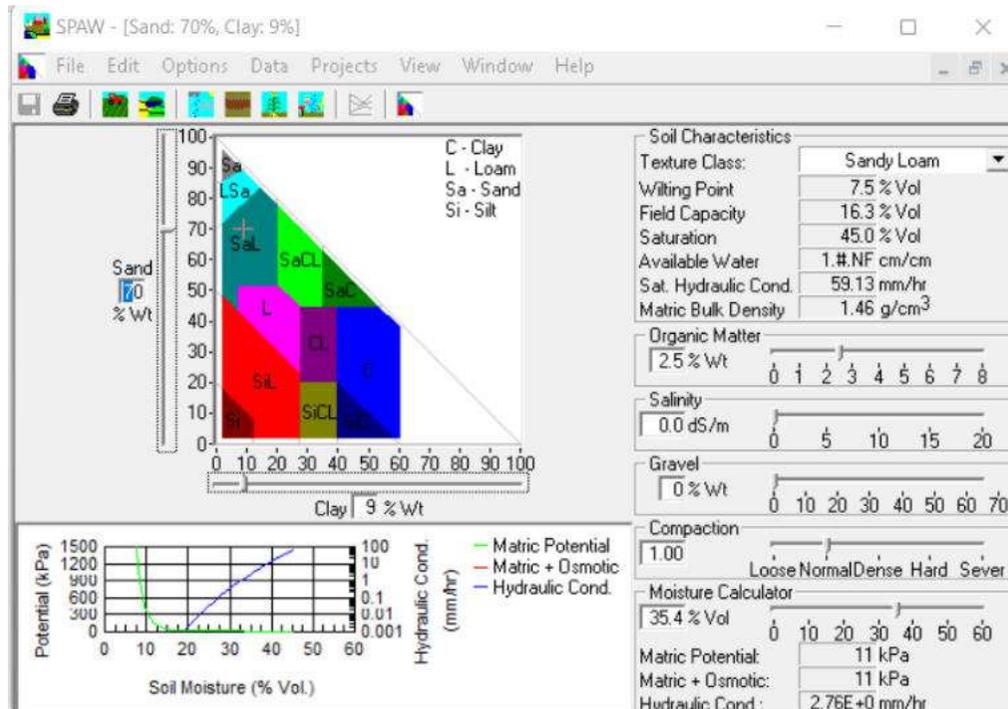




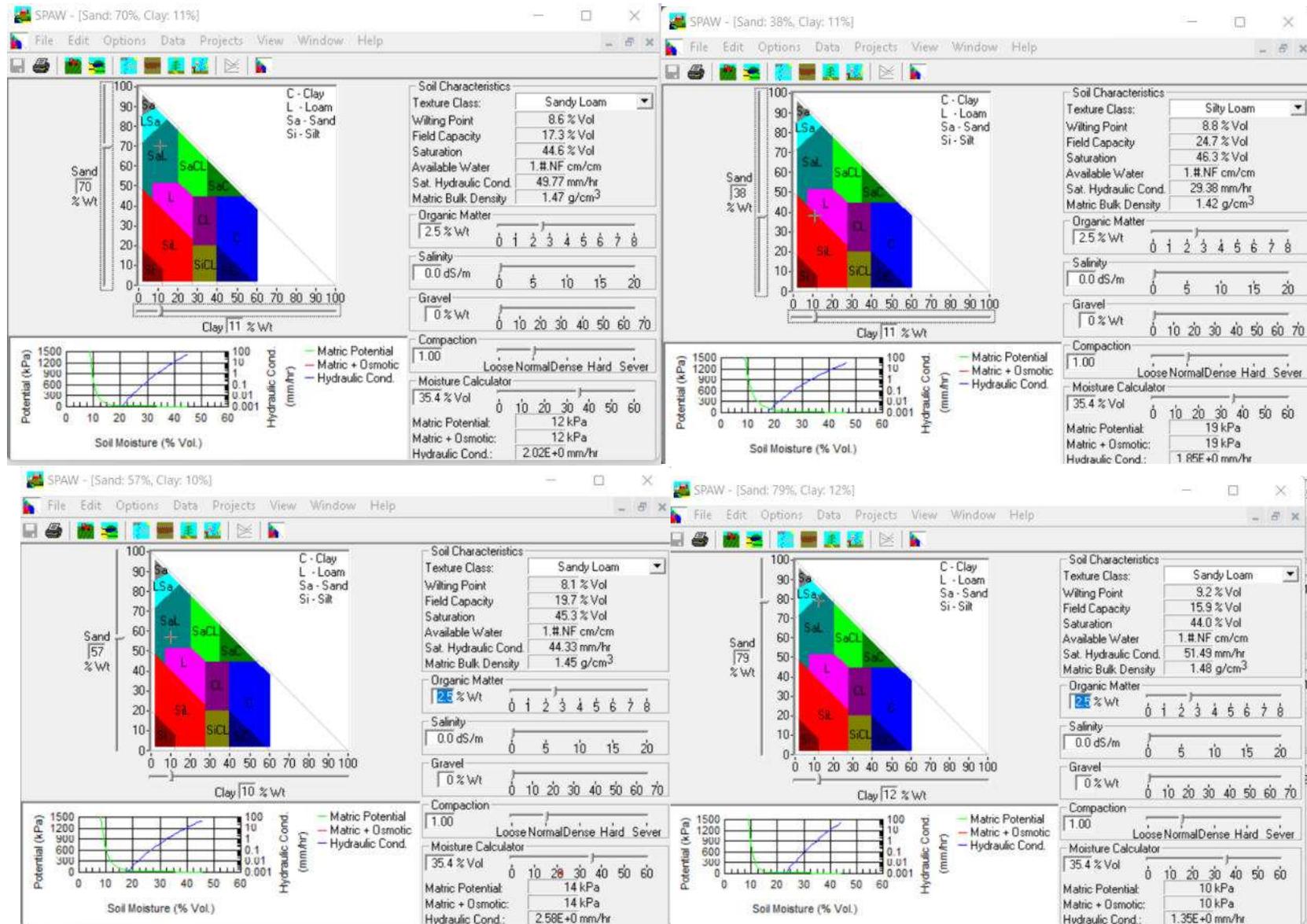


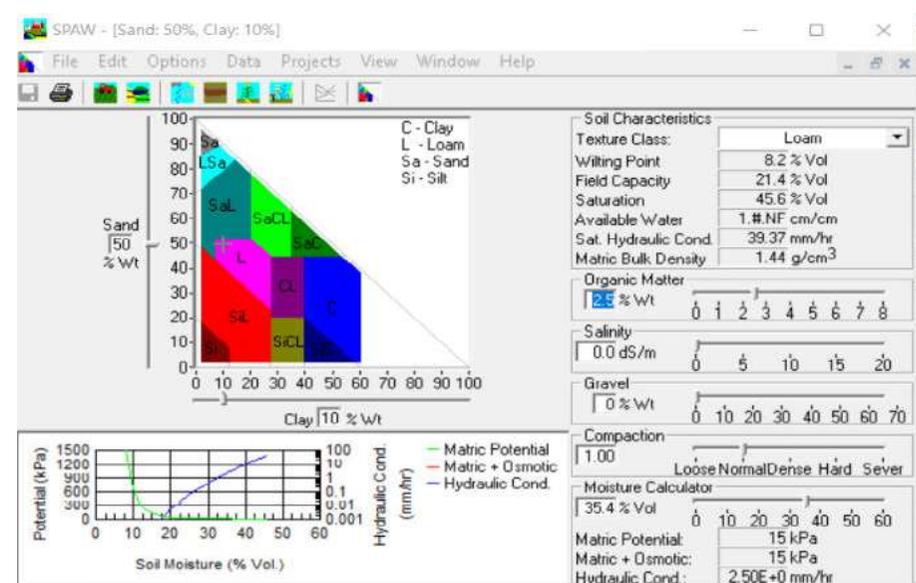
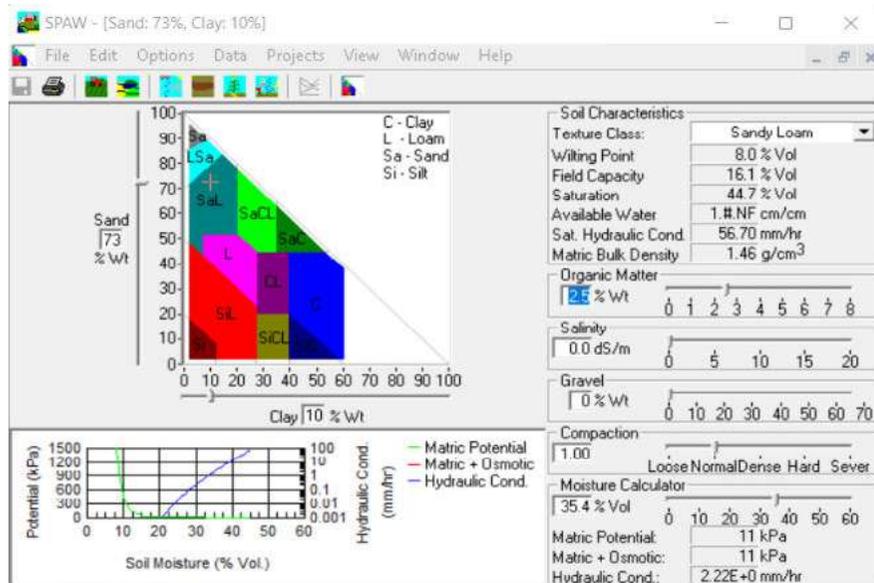
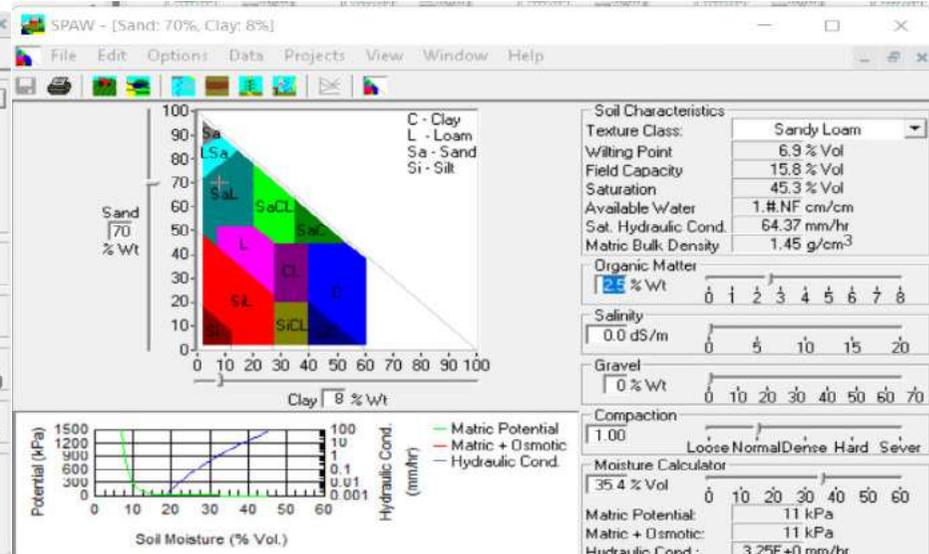
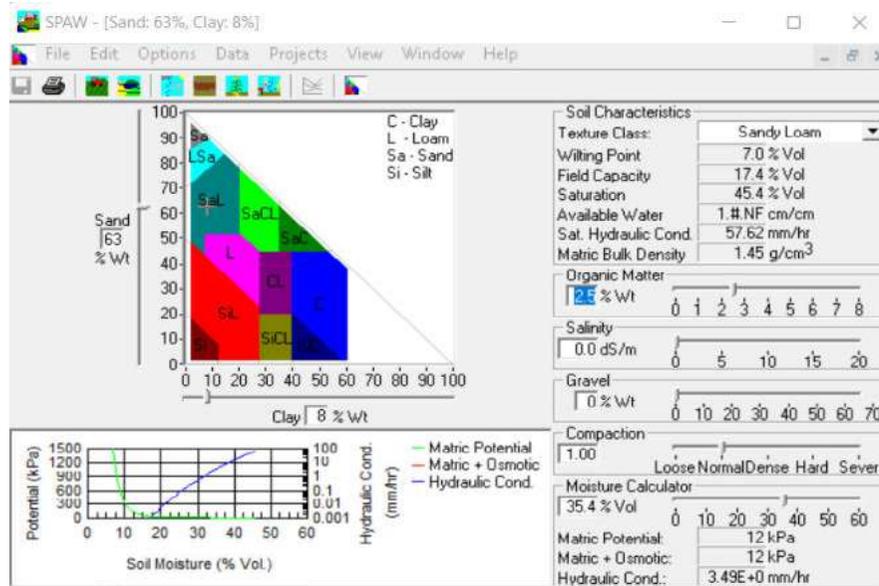


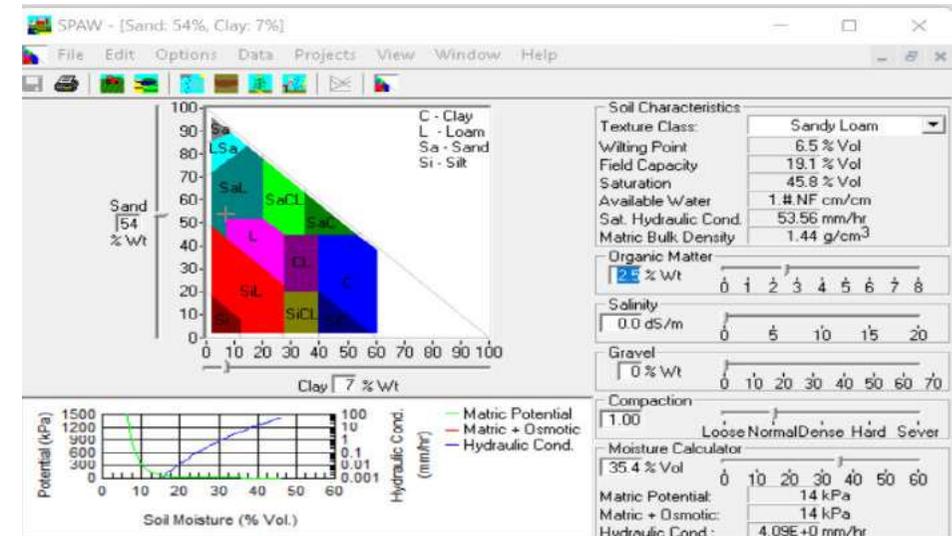
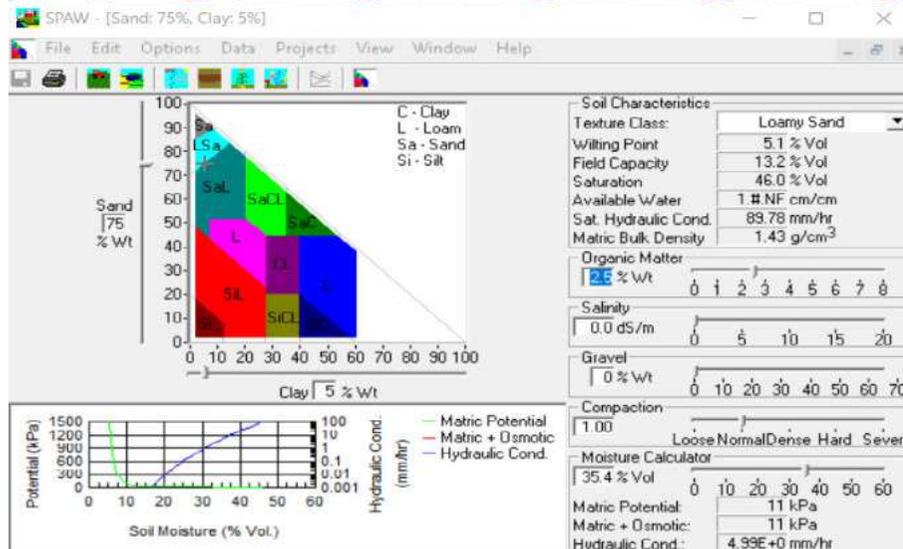
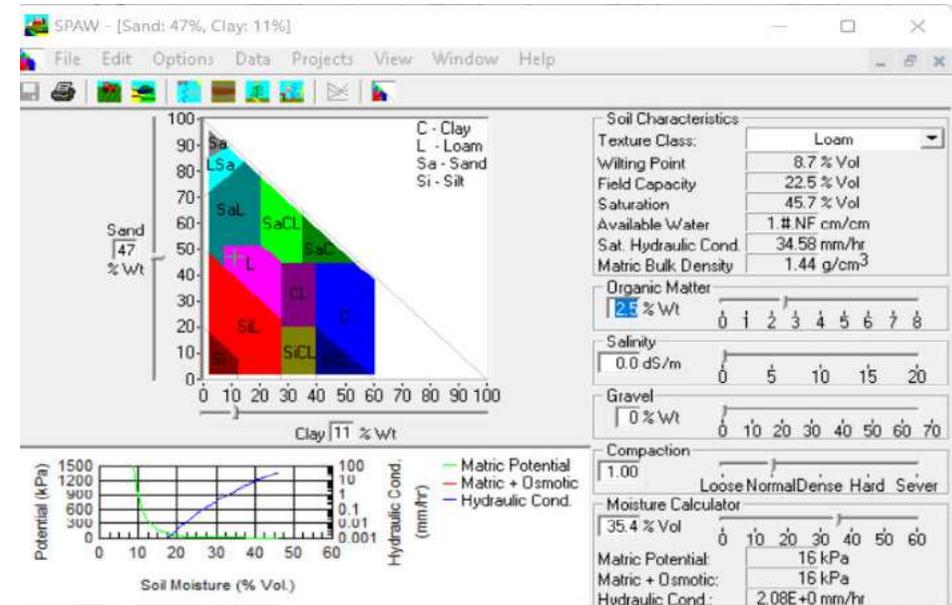
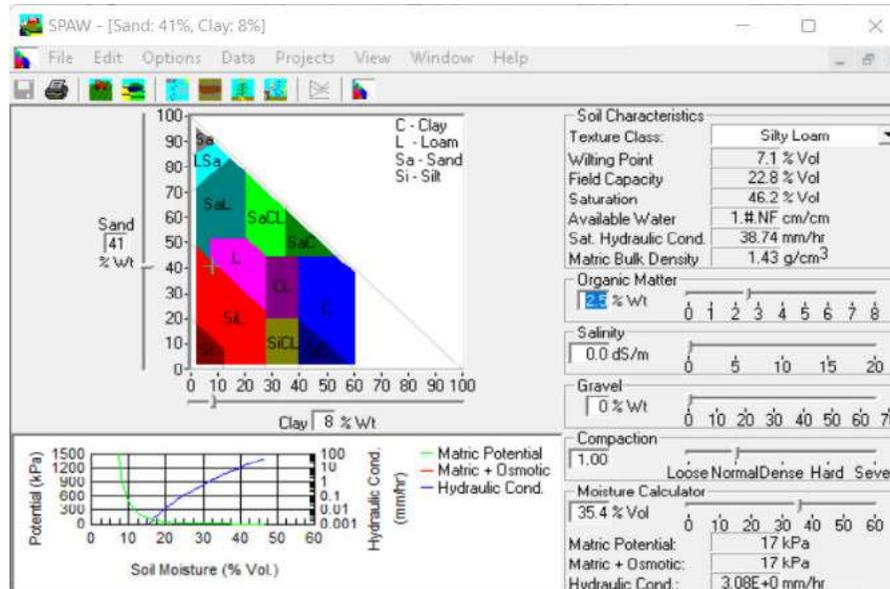
Données d'infiltrations du logiciel SOIL Characteristics

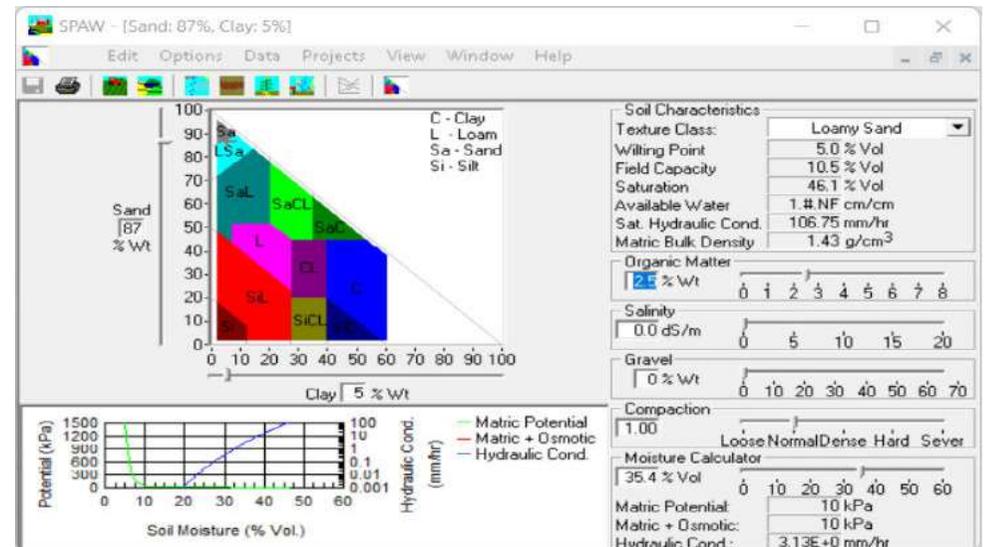
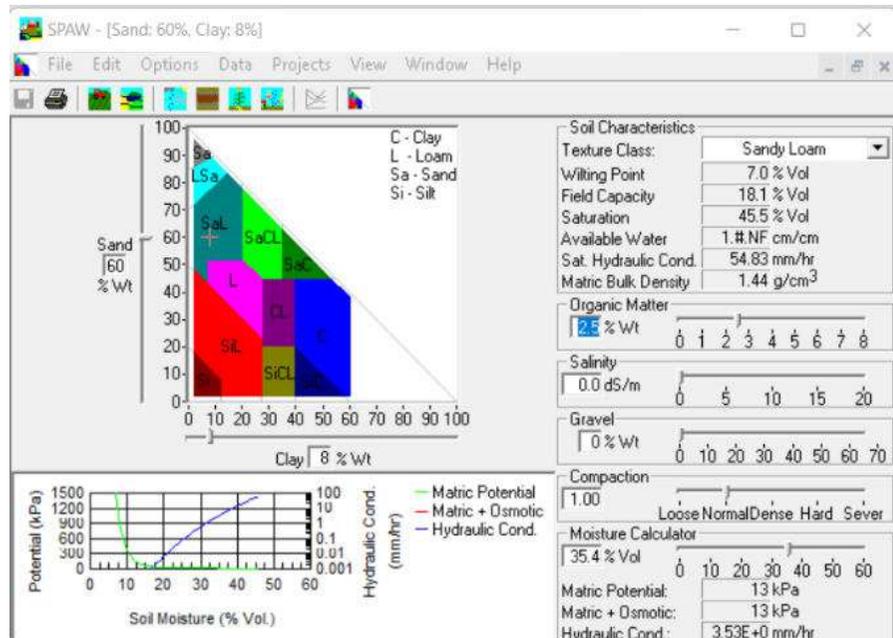
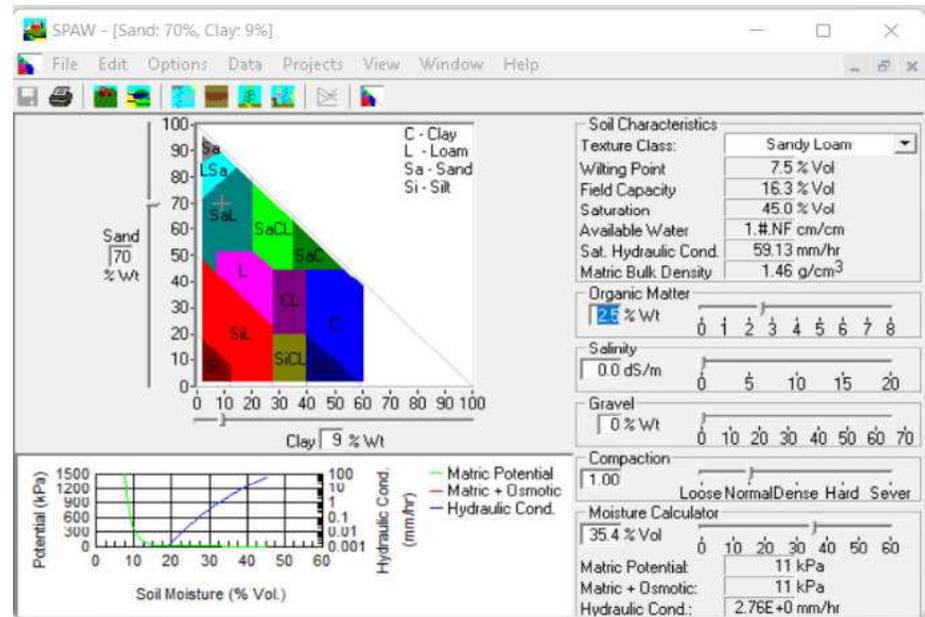
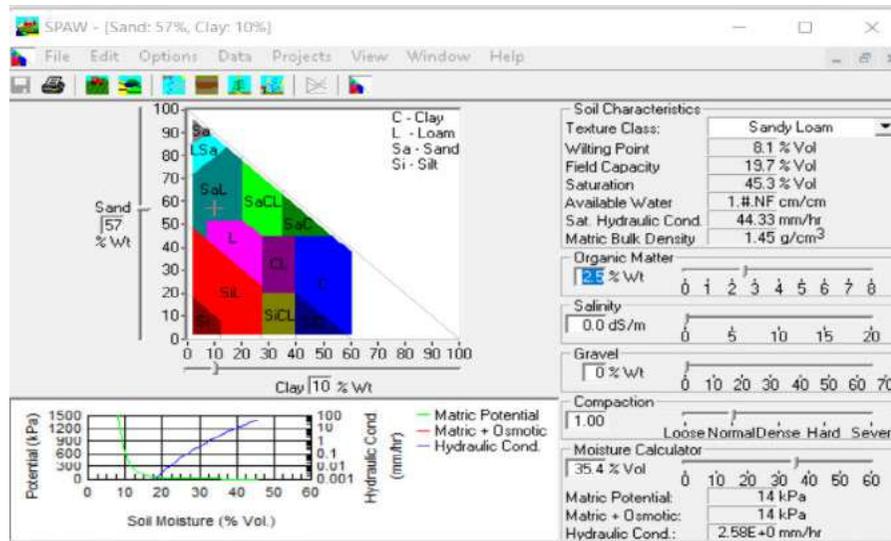


XXX

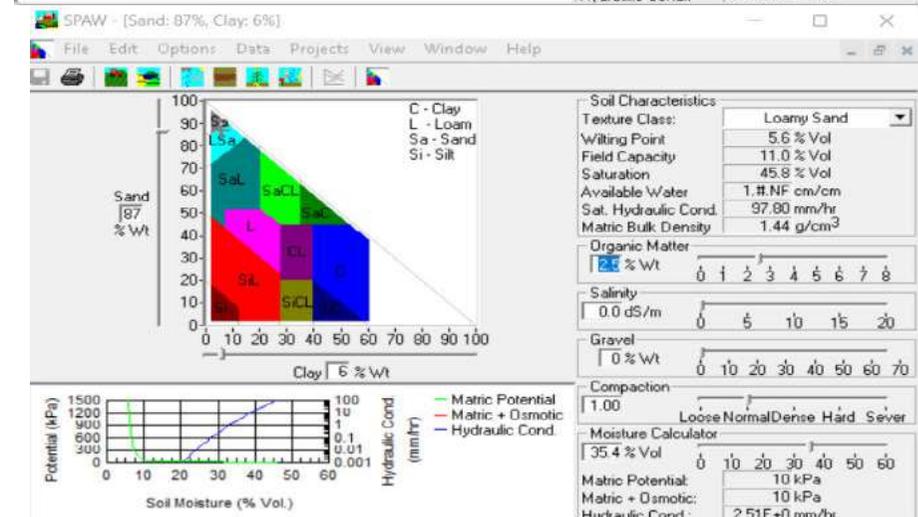
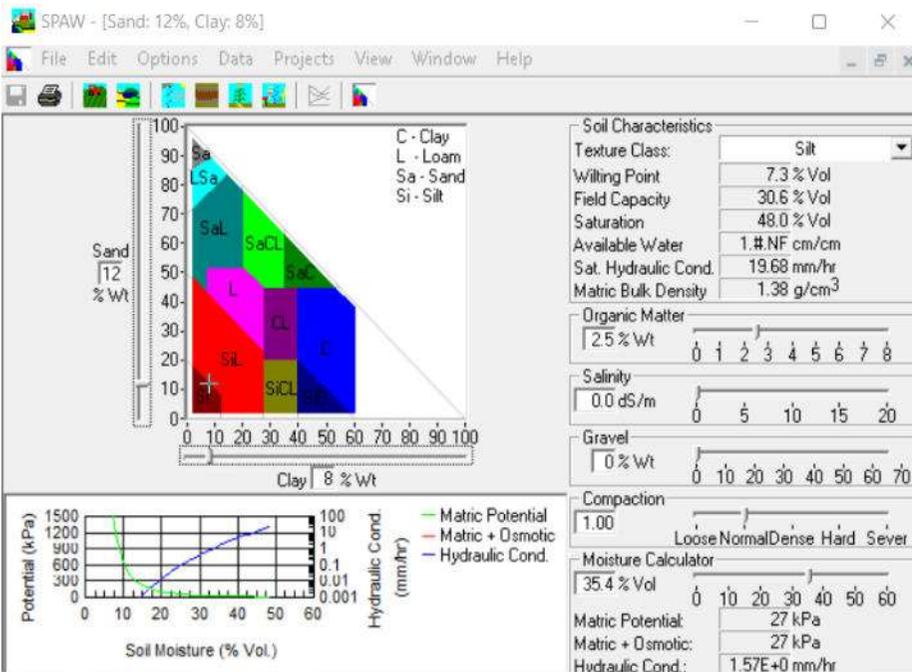
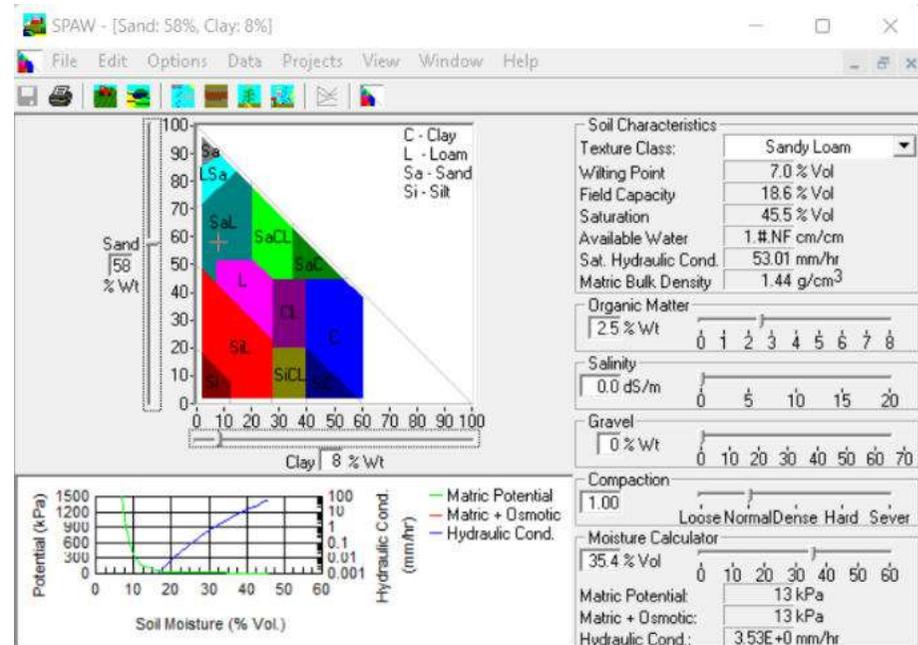
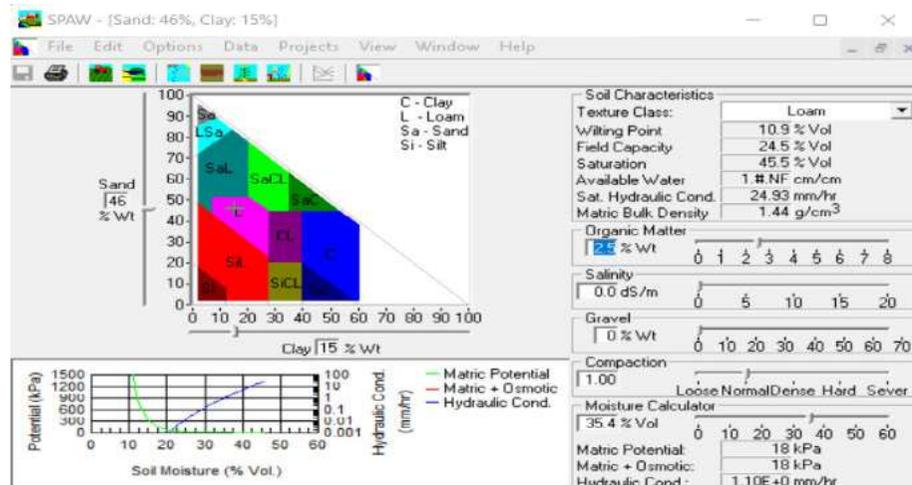






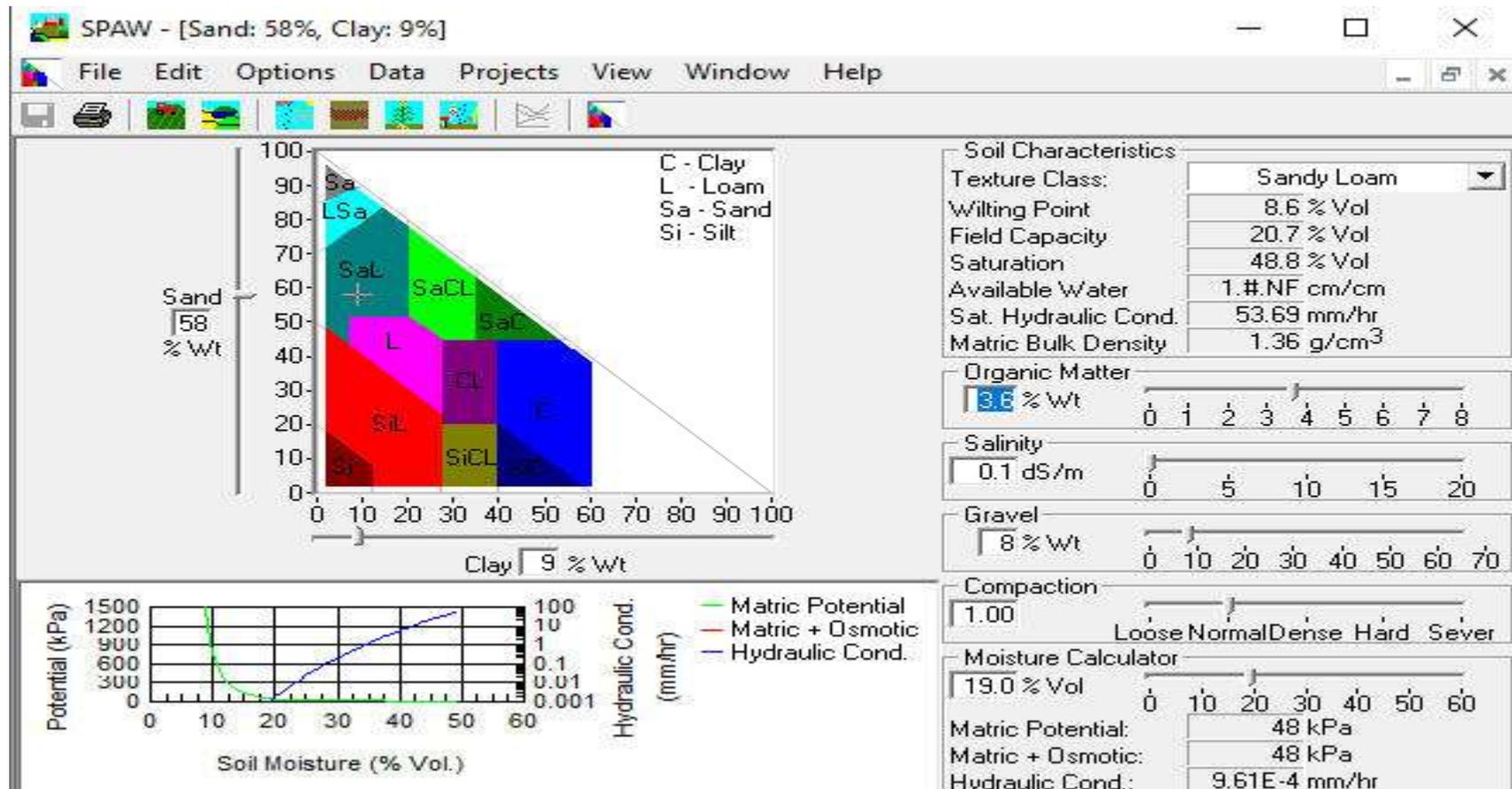


XXXIV



XXXV

La valeur moyenne du Ksat donne la nature du sol utilisée pour l'aménagement:



Annexe 2: Calcul des Besoins en eau

Oignon (150 jours)						
Période	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Nombre de jours du mois (Nb)	30	31	31	28	31	30
Dimensionnement préliminaire						
ETo (mm)	170,58	182,67	187,18	186,57	211,07	202,66
Kc	0,63	0,96	1,05	0,98	0,82	0,00
ETM (mm)	107,47	175,36	196,54	182,84	173,08	0,00
P(mm)	0,59	0,00	0,12	1,68	5,92	17,20

Pe (mm)	0,35	0,00	0,07	1,01	3,55	10,32
Besoins Nets (mm)	107,11	175,36	196,47	181,83	169,53	-10,32
Efficienc	0,68					
Besoins Bruts (mm)	158,68	259,80	291,06	269,38	251,15	-15,29
Besoins Bruts (m3/ha)	1586,84	2597,97	2910,62	2693,79	2511,49	-152,89
Besoins bruts totaux pour la campagne (m3/ha)	12300,71					

Choux (165 jours)						
Nombre de jours du mois (Nb)	30	31	31	28	31	30
Période	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Dimensionnement préliminaire						
ETo (mm)	170,58	182,67	187,18	186,57	211,07	202,66
Kc	0,45	0,65	0,75	0,96	1,05	0,95

ETM (mm)	76,76	118,74	140,39	179,11	221,62	192,53
P(mm)	0,59	0,00	0,12	1,68	5,9200	17,20
Pe (mm)	0,35	0,00	0,07	1,01	3,55	10,32
Besoins Nets (mm)	76,41	118,74	140,31	178,10	218,07	182,21
Efficiencie	0,68					
Besoins Bruts (mm)	113,20	175,90	207,87	263,85	323,07	269,94
Besoins Bruts (m3/ha)	1131,96	1759,04	2078,71	2638,51	3230,69	2699,36
Besoins bruts totaux pour la campagne (m3/ha)	13538,27					
DFC (l/s/ha)	0,50	0,78	0,93	1,17	1,44	1,20
Durée d'irrigation par jour	10					
DMP ou Qe (l/s/ha)	1,21	1,88	2,22	2,82	3,45	2,88
Main d'eau (L/s)	10					
Quartier hydraulique W (ha)	2,90					
ØFC	20,70					
Øwp	8,6					
RU (mm/m)	121,00					
P	0,35					
Zr max (m)	1,5					
Dose pratique Dp (mm) ≈ RFU	63,53					
Fréquence d'irrigation N (j)	5,09					
Fréquence d'irrigation choisie	3					
Tour d'eau	3					
Besoins journaliers en Tête du réseau (m3/ha)	104,22					
Dose réelle d'Irrigation (mm)	31,26					

XXXIX

Dose brute d'Irrigation (mm)	21,10					
Temps d'irrigation par parcelle T (h/j)	2,17					
Superficie d'une parcelle (ha)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Débit totale en tête du bloc 1	8,80					
Débit totale en tête du bloc 2	8,59					
Débit totale en tête du bloc 3	12,08					
Débit totale en tête du bloc 4	10,35					

Tomate (135 jours)						
Nombre de jours du mois (Nb)	30	31	31	28	31	30
Période	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Dimensionnement préliminaire						
ETo (mm)	170,58	182,67	187,18	186,57	211,07	202,66
Kc	0,45	0,75	1,03	1,09	0,80	0,00
ETM (mm)	76,76	137,00	192,80	203,36	168,86	0,00
P(mm)	0,59	0,00	0,12	1,68	5,9200	17,20
Pe (mm)	0,35	0,00	0,07	1,01	3,55	10,32
Besoins Nets (mm)	76,41	137,00	192,72	202,35	165,30	-10,32
Efficiencie	0,68					

Besoins Bruts (mm)	113,20	202,97	285,52	299,78	244,89	-15,29
Besoins Bruts (m3/ha)	1131,96	2029,67	2855,16	2997,83	2448,95	-152,89
Besoins bruts totaux pour la campagne (m3/ha)	11463,56					

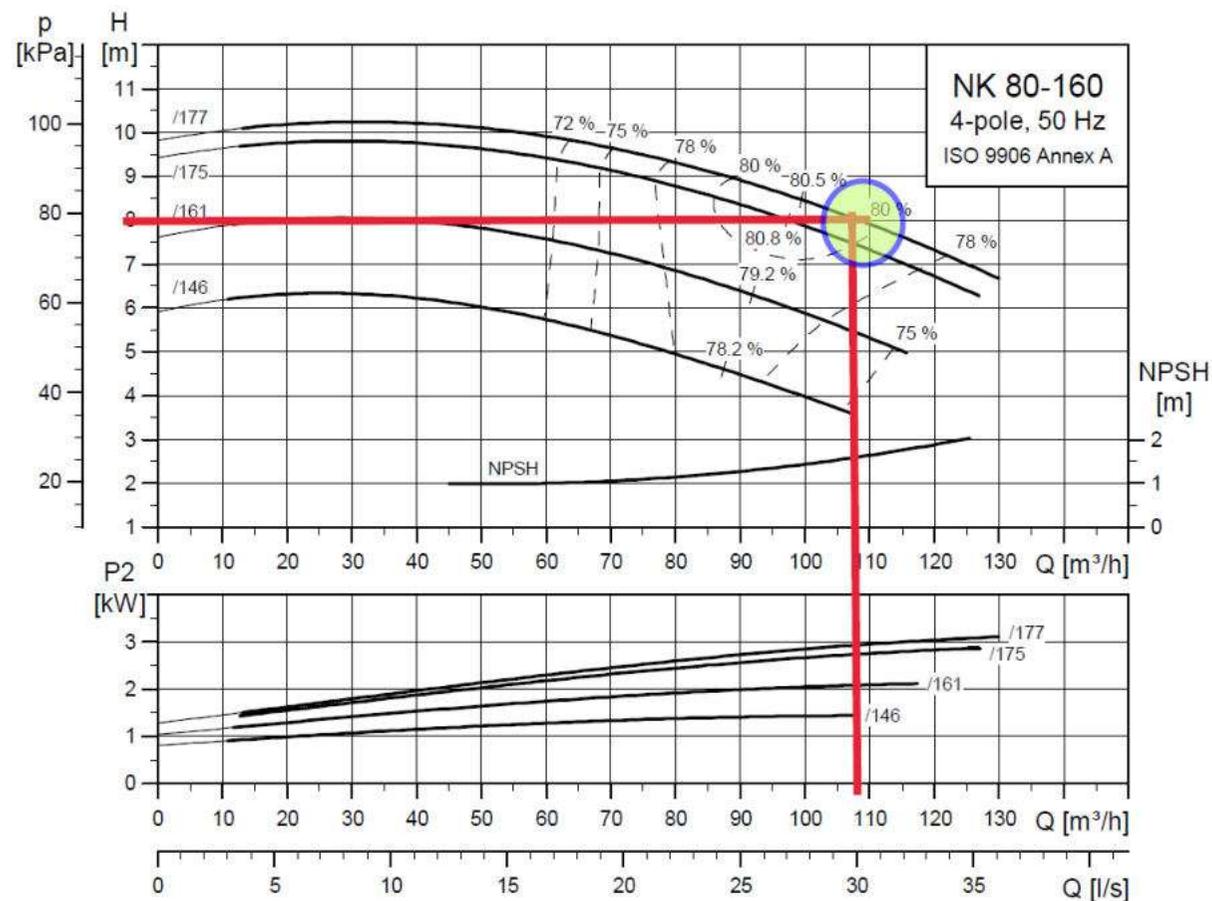
Riz (120 jours)				
Période	Juillet	Août	Septembre	Octobre
Nombre de jours du mois (Nb)	31	31	30	31
Dimensionnement préliminaire				
ETo (mm)	154,41	138,08	144,65	172,04
Kc	1,07	1,15	1,18	0,82
ETM (mm)	164,72	158,92	170,20	140,40
P(mm)	197,96	249,89	158,65	39,86
Pe (mm)	158,37	199,91	126,92	23,92
Pre-irrigation (humidification) en mm	50			
Submersion (remplissage de casier) en mm	200			
Compensation des pertes (infiltration et évaporation) en mm/j	5			
Besoins Nets (mm)	411,35	364,01	443,28	521,49
Efficiencie	0,68			
Besoins Bruts (mm)	277,66	245,71	299,21	352,00
Besoins Bruts (m3/ha)	2776,63	2457,07	2992,15	3520,04
Besoins bruts totaux pour la campagne (m3/ha)	9288,82			

Annexe 3: Calendrier d'irrigation

Jour 1	Rive Droite				Début	Fin
	P1-D	P7-D	P15-D	P19-D	7h00	9h17min
P6-D	P12-D	P18-D	P24-D	9h17min	11h34min	
P2-D	P8-D	P14-D	P20-D	11h34min	13h51mn	
P3-D	P9-D	P13-D	P21-D	13h51mn	16h8mn	
Jour 2	P4-D	P10-D	P16-D	P22-D	7h00	9h17min
	P5-D	P5-D	P5-D	P5-D	9h17min	11h34min
	P5-D	P5-D	P5-D	P5-D	11h34min	13h51mn
	P5-D	P5-D	P5-D	P5-D	13h51mn	16h8mn

NB : La rive gauche est identique à la rive droite.

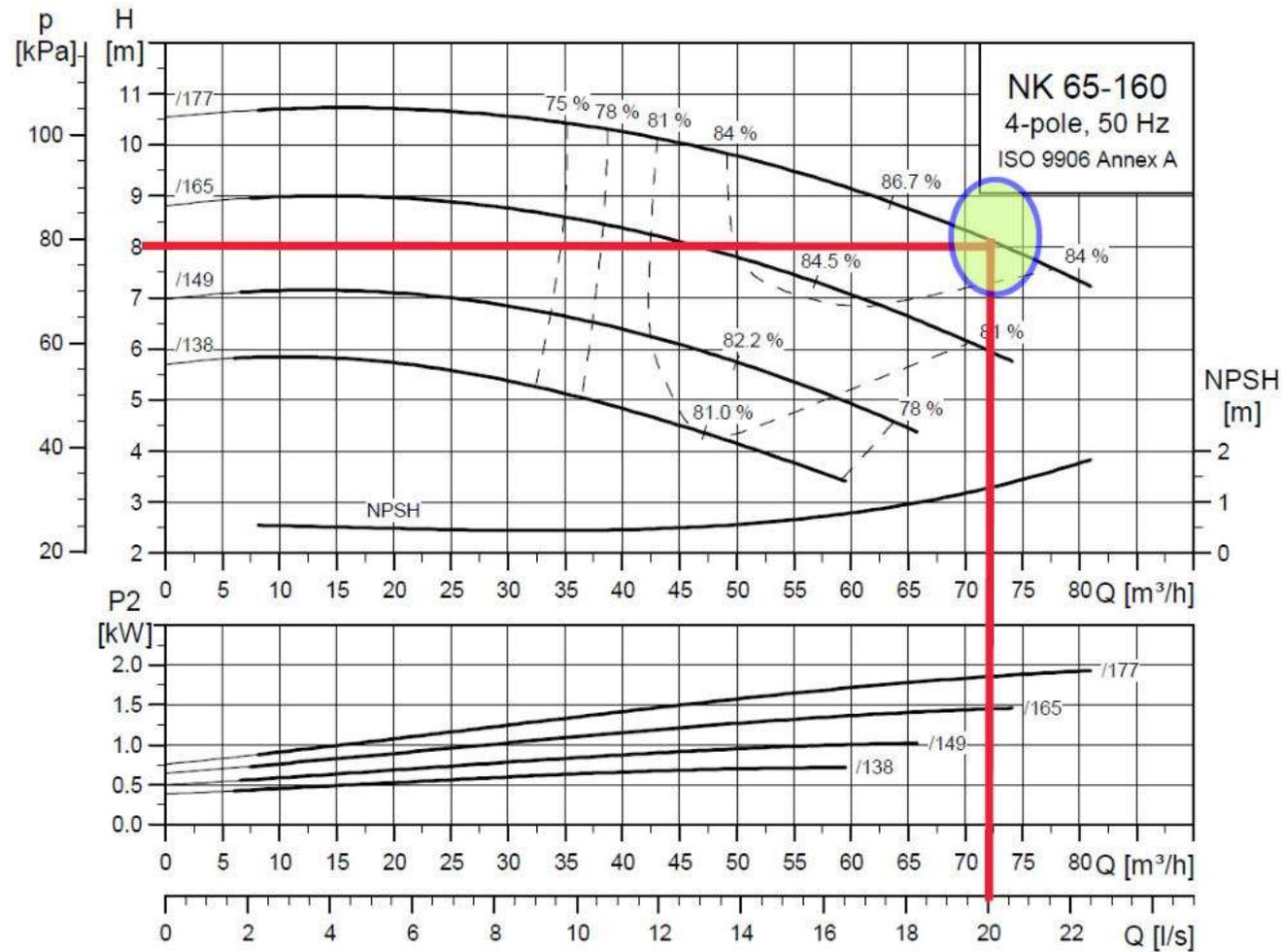
Annexe 4: Choix des pompes



TM03 3148 0606

NK		65-160/138	65-160/149	65-160/165	65-160/177
kW		0,75	1,1	1,5	2,2
Gamme standard des moteurs		MG 80B-C	MG 90SA-C	MG 90LA-C	MG 100LA-D
Haute gamme moteur		-	MG 90SB-D	MG 90LC-D	MG 100LB-D
Moteur électronique		MGE 90SA-D	MGE 90SB-D	MGE 90LC-D	MGE 100LB-D
PN	[bar]	16	16	16	16
DN _d	[mm]	65	65	65	65
DN _s	[mm]	80	80	80	80
a	[mm]	100	100	100	100
a ₂	[mm]	60	60	60	60
h	[mm]	65	65	65	65
h ₂	[mm]	200	200	200	200
h ₃	[mm]	225	225	225	225
h ₄ ¹⁾	[mm]	334/-/392	335/335/392	335/335/392	345/345/402
Accouplement standard					
l ¹⁾	[mm]	735/-/795	795/795/795	795/835/835	859/859/859
l ₁	[mm]	900	900	900	900
l ₂	[mm]	150	150	150	150
l ₃	[mm]	600	600	600	600
b ₁	[mm]	300	300	300	300
b ₂	[mm]	390	390	390	390
b ₃	[mm]	350	350	350	350
d	[mm]	19	19	19	19
Poids ¹⁾	Net [kg]	89/-/100	94/89/106	96/95/107	101/99/113
Accouplement spacer (flexible)					
l ¹⁾	[mm]	831/-/891	891/891/891	891/931/931	955/955/955
l ₁	[mm]	900	900	900	900
l ₂	[mm]	150	150	150	150
l ₃	[mm]	600	600	600	600
b ₁	[mm]	300	300	300	300
b ₂	[mm]	390	390	390	390
b ₃	[mm]	350	350	350	350
d	[mm]	19	19	19	19
Poids ¹⁾	Net [kg]	91/-/102	96/91/108	98/97/109	103/101/115

1) Dimension pompe avec moteur standard/haute gamme/électronique.



TM03 3144 0606

Annexe 5: Calcul hydraulique

XLV

Calage du bassin A et Dimensionnement des conduites secondaires									
Identification du réseau		Données réseau							
BLOC 1	N° prise	Côte TN	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	Débits rampe (l/s)	Diamètre théorique (mm)	Diamètre intérieur (mm)	Diamètre Nominal (mm)	Hauteur rehausse de prise imposée (m)
		Bassin Partiteur A	348,75						
Rive droite									
CS1-D	Prise n°1	348,5	34,72	34,72	10	112,84	117,8	125	0,4
	Prise n°2	347,5	50	84,72	10	112,84	117,8	125	0,4
	Prise n°3	346,5	50	134,72	10	112,84	117,8	125	0,4
CS2-D	Prise n°1	347,75	113,94	113,94	10	112,84	117,8	125	0,4
	Prise n°2	347	50	163,94	10	112,84	117,8	125	0,4
	Prise n°3	346,5	50	213,94	10	112,84	117,8	125	0,4

Calage du bassin A et Dimensionnement des conduites secondaires								
Identification du réseau		Résultats des calculs hydrauliques						
BLOC 1	N° prise	Vitesse (m/s)	Pdc partiel	Pdc total (j1+j3)	Charge requis (Zrequis)	Élévation par rapport au TN prise	Pression réelle de la prise pour la hauteur sous radier	Observation
		Bassin Partiteur A				Côte TN +Hr+Pdc total	Zrequis - Côte TN	Zr-Pdc total- côte TN

Rive droite									
CS1-D	Prise n°1	0,92	0,24	0,27	349,17	0,67	0,40	Côte radier BP	349,17
	Prise n°2	0,92	0,35	0,38	348,28	0,78	1,28		
	Prise n°3	0,92	0,35	0,38	347,28	0,78	2,28		
CS2-D	Prise n°1	0,92	0,79	0,87	349,02	1,27	0,54	Hauteur du bassin [m]	0,50
	Prise n°2	0,92	0,35	0,38	347,78	0,78	1,78		
	Prise n°3	0,92	0,35	0,38	347,28	0,78	2,28		

Calage du bassin B et Dimensionnement des conduites secondaires									
Identification du réseau		Données réseau							
BLOC 2	N° prise	Côte TN	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	Débits rampe (l/s)	Diamètre théorique (mm)	Diamètre intérieur (mm)	Diamètre Nominal (mm)	Hauteur rehausse de prise imposée (m)
	Bassin Partiteur B	348,75			10				
Rive droite									
CS1'-D	Prise n°1	348,25	54,28	54,28	10	112,84	117,8	125	0,4
	Prise n°2	347,25	50	104,28	10	112,84	117,8	125	0,4
	Prise n°3	346,25	50	154,28	10	112,84	117,8	125	0,4
CS2'-D	Prise n°1	348	134,96	134,96	10	112,84	117,8	125	0,4
	Prise n°2	347,5	50	184,96	10	112,84	117,8	125	0,4
	Prise n°3	346,5	50	234,96	10	112,84	117,8	125	0,4

Calage du bassin B et Dimensionnement des conduites secondaires						
Résultats des calculs hydrauliques						
Vitesse (m/s)	Pdc partiel	Pdc total (jl+js)	Charge requise (Zrequis)	Élévation par rapport au TN prise	Pression réelle de la prise pour la hauteur sous radier	Observation
			Côte TN +Hr+Pdc total	Zrequis - Côte TN	Zr-Pdc total- côte TN	Hb=Hr-Côte TN bassin
0,92	0,38	0,41	349,06	0,81	0,77	Côte radier BP 349,43
0,92	0,35	0,38	348,03	0,78	1,80	
0,92	0,35	0,38	347,03	0,78	2,80	
0,92	0,94	1,03	349,43	1,43	0,40	
0,92	0,35	0,38	348,28	0,78	1,55	Hauteur du bassin [m] 0,70
0,92	0,35	0,38	347,28	0,78	2,55	

Calage du bassin C et Dimensionnement des conduites secondaires									
Identification du réseau		Données réseau							
BLOC 3	N° prise	Côte TN	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	Débits rampe (l/s)	Diamètre théorique (mm)	Diamètre intérieur (mm)	Diamètre Nominal (mm)	Hauteur rehausse de prise imposée (m)
	Bassin Partiteur C	349			10				
Rive droite									
CS1-D	Prise n°1	348,5	44,17	44,17	10	112,84	117,8	125	0,4
	Prise n°2	348	50	94,17	10	112,84	117,8	125	0,4

	Prise n°3	347,5	50	144,17	10	112,84	117,8	125	0,4
CS2-D	Prise n°1	348,5	137,35	137,35	10	112,84	117,8	125	0,4
	Prise n°2	347,75	50	187,35	10	112,84	117,8	125	0,4
	Prise n°3	347	50	237,35	10	112,84	117,8	125	0,4
	Prise n°1	347,5	225,3	225,3	10	112,84	117,8	125	0,4
CS3-G	Prise n°2	347	50	275,3	10	112,84	117,8	125	0,4
	Prise n°3	346,5	50	325,3	10	112,84	117,8	125	0,4

Calage du bassin C et Dimensionnement des conduites secondaires								
Résultats des calculs hydrauliques								
Vitesse (m/s)	Pdc partiel	Pdc total (jl+js)	Charge requise (Zrequis)	Élévation par rapport au TN prise	Pression réelle de la prise pour la hauteur sous radier	Observation		
			Côte TN +Hr+Pdc total	Zrequis - Côte TN	Zr-Pdc total- côte TN	Hb=Hr-Côte TN bassin		
0,92	0,31	0,34	349,24	0,74	1,11	Côte radier BP	349,95	
0,92	0,35	0,38	348,78	0,78	1,57			
0,92	0,35	0,38	348,28	0,78	2,07			
0,92	0,95	1,05	349,95	1,45	0,40	Hauteur du bassin [m]	1,00	
0,92	0,35	0,38	348,53	0,78	1,82			
0,92	0,35	0,38	347,78	0,78	2,57			
0,92	1,57	1,72	349,62	2,12	0,73			
0,92	0,35	0,38	347,78	0,78	2,57			
0,92	0,35	0,38	347,28	0,78	3,07			

Calage du bassin D et Dimensionnement des conduites secondaires									
Identification du réseau		Données réseau							
BLOC 4	N° prise	Côte TN	Longueur partielle (m)	Longueur cumulée (m)	Débit rampe (l/s)	Diamètre théorique (mm)	Diamètre intérieur (mm)	Diamètre Nominal (mm)	Hauteur rehausse de prise imposée (m)
	Bassin Partiteur D	348,75			10				
Rive droite									
CS1-D	Prise n°1	348,25	94,65	94,65	10	112,84	117,8	125	0,4
	Prise n°2	347,25	50	144,65	10	112,84	117,8	125	0,4
	Prise n°3	346,25	50	194,65	10	112,84	117,8	125	0,4
CS2-D	Prise n°1	348	178,38	178,38	10	112,84	117,8	125	0,4
	Prise n°2	347,5	50	228,38	10	112,84	117,8	125	0,4
	Prise n°3	346,5	50	278,38	10	112,84	117,8	125	0,4

L

Calage du bassin D et Dimensionnement des conduites secondaires						
Resultats des calculs hydrauliques						
Vitesse (m/s)	Pdc partiel	Pdc total (jI+js)	Charge requise (Zrequis)	élévation par rapport au TN prise	Pression réelle de la prise pour la hauteur sous radier	Observation
			Côte TN +Hr+Pdc total	Zrequis - Côte TN	Zr-Pdc total- côte TN	Hb=Hr-Côte TN bassin
0,92	0,66	0,72	349,37	1,12	0,79	Côte radier BP 349,76
0,92	0,35	0,38	348,03	0,78	2,13	
0,92	0,35	0,38	347,03	0,78	3,13	
0,92	1,24	1,36	349,76	1,76	0,40	Hauteur du bassin [m] 1,01
0,92	0,35	0,38	348,28	0,78	1,88	
0,92	0,35	0,38	347,28	0,78	2,88	

Tableau 30: Caractéristiques des conduites de refoulement

CR	T	L ref [m]	Q [m³/s]	Dth ref [mm]	Bresse	Bresse Modifié	Bedjaoui	Meunier	Dret ref [mm]	Dint [mm]	V [m/s]
RIVE DROITE											
CR1-D	PA-PB	13,24	0,02	159,58	212,13	217,15	179,61	169,71	200	188,2	0,72
	PB-PC	65	0,02	159,58	212,13	217,15	179,61	169,71	200	188,2	0,72
	PC-PD	47,8	0,02	159,58	212,13	217,15	179,61	169,71	200	188,2	0,72

CR2-D	PA'-PB'	9,8	0,02	159,58	212,13	217,15	179,61	169,71	200	188,2	0,72
	PB'-PC'	76	0,02	159,58	212,13	217,15	179,61	169,71	200	188,2	0,72
	PC'-PD'	253	0,02	159,58	212,13	217,15	179,61	169,71	200	188,2	0,72
RIVE GAUCHE											
CR1-G	PA-PB	20,7	0,03	195,44	259,81	248,58	219,97	207,85	250	235,4	0,69
	PB-PC	132,7	0,03	195,44	259,81	248,58	219,97	207,85	250	235,4	0,69
	PC-PD	49,8	0,03	195,44	259,81	248,58	219,97	207,85	250	235,4	0,69
CR2-G	PA'-PB'	11,1	0,02	159,58	212,13	217,15	179,61	169,71	200	188,2	0,72
	PB'-PC'	179	0,02	159,58	212,13	217,15	179,61	169,71	200	188,2	0,72
	PC'-PD'	360	0,02	159,58	212,13	217,15	179,61	169,71	200	188,2	0,72

Tableau 31: Dimensionnement de la station de pompage

N° station	Bassin alimenté	Choix de la motopompe	Débit	Diamètre theo	Diamètre nominal	Diamètre interieur	Vitesse	Zstation	Aspiration					
									Ztn asp	Longueur asp	ΔH_a	Hgeo asp	Hma	NPSH disp
			[l/s]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
motopompe A	BP A	NK 60-160/177	20	159,58	200	188,2	0,72	351	348,3	4	0,87	2,70	3,57	6,76
motopompe B	BP B	NK 60-160/177	20	159,58	200	188,2	0,72	351	348,3	4	0,87	2,70	3,57	6,76
motopompe C	BP C	NK 80-160/177	30	195,44	250	235,4	0,69	351	348,3	4	0,66	2,70	3,36	6,97
motopompe D	BP D	NK 60-160/177	20	159,58	200	188,2	0,72	351	348,3	4	0,87	2,70	3,57	6,76

Annexe 6:Caractéristiques des bassins et des prises

Caractéristiques du Bassin A				
Grandeur	Unité	Formule	Valeur	Valeur constructive
Qe : Débit entrant	m ³ /s	0,02		
Qs : Débit sortant	m ³ /s	0,01		
Hauteur critique hc (m)	m	0,1	0,1	0,1
h : Hauteur de la lame d'eau déversante	m	3/2 *hc	0,15	0,15
Épaisseur du déversoir : e (m)	m	3,5*hc	0,35	0,35
Coefficient de débit du deversoir (seuil épais): m	-	-	0,4	0,4
LD: longueur du bloc de dissipation (distribution)	m	$Ld = \frac{Q(m^3/s)}{m \times \sqrt{2 \times g \times h(m)^{\frac{3}{2}}}}$	0,19	0,2
Coefficient de proportionnalité K	-	-	5	5
De : Diamètre entrant	mm	-	200	200
Ds : Diamètre sortant	mm		125	125
Z : la hauteur du seuil (dénoyé ↔ Z>0.4 h)	m	Z = De + 0,25 m	0,45	0,45

Lb: Longueur du bassin	m	$Lb = K * h$	0,75	0,75
lb: largeur du bassin	m	$lb = Ds + 0,4$	0,53	0,55
L : Longueur de l'ouvrage		$2*Lb [m] + ld [m] + 2*hc [m]$	2,05	2,05
l : Largeur de l'ouvrage	m	$2*lb [m] + 4*hc [m]$	1,45	1,45
r : revanche du bassin	m	-	0,2	0,2
H: Hauteur du bassin	m	$H = Z + r + h$	0,8	0,8
Côte TN	m	CTN		348,75
Côte radier		$\max_{0 \leq i \leq n} (Côte TN_i + 0,4 + Pdc total_i)$		349,17
Côte déversoir		$C_d = C_r + Z$		349,62
Côte crête de l'ouvrage		$C_c = C_r + H$		349,97

LV

Caractéristiques du Bassin B				
Grandeur	Unité	Formule	Valeur	Valeur constructive
Qe : Débit entrant	m ³ /s	0,02		
Qs : Débit sortant	m ³ /s	0,01		
hauteur critique hc (m)	m	0,1	0,1	0,1
h : Hauteur de la lame d'eau deversante	m	$3/2 *hc$	0,15	0,15
épaisseur du déversoir : e (m)	m	$3,5*hc$	0,35	0,35
Coefficient de débit du déversoir (seuil épais): m	-	-	0,4	0,4
LD: longueur du bloc de dissipation (distribution)	m	$Ld = \frac{Q(m^3/s)}{m \times \sqrt{2 \times g \times h(m)^2}}$	0,19	0,2
Coefficient de proportionnalité K	-	-	5	5
De : Diamètre entrant	mm	-	200	200
Ds : Diamètre sortant	mm		125	125
Z : la hauteur du seuil (dénoyé ↔ Z>0.4 h)	m	$Z = De + 0,25 m$	0,45	0,45

Lb: Longueur du bassin	m	$Lb = K * h$	0,75	0,75
lb: largeur du bassin	m	$lb = Ds + 0,4$	0,53	0,55
L : Longueur de l'ouvrage		$2*Lb [m] + ld [m] + 2*hc [m]$	2,05	2,05
l : Largeur de l'ouvrage	m	$2*lb [m] + 4*hc [m]$	1,45	1,45
r : revanche du bassin	m	-	0,2	0,2
H: Hauteur du bassin	m	$H = Z + r + h$	0,8	0,8
Côte TN	m	CTN		348,75
Côte radier		$\max_{0 \leq i \leq n} (Côte TN_i + 0,4 + Pdc total_i)$		349,43
Côte déversoir		$C_d = C_r + Z$		349,88
Côte crête de l'ouvrage		$C_c = C_r + H$		350,23

Caractéristiques du Bassin C				
Grandeur	Unité	Formule	Valeur	Valeur constructive
Qe : Débit entrant	m ³ /s	0,03		
Qs : Débit sortant	m ³ /s	0,01		
hauteur critique hc (m)	m	0,1	0,1	0,1
h : Hauteur de la lame d'eau deversante	m	$3/2 * hc$	0,15	0,15
épaisseur du déversoir : e (m)	m	$3,5 * hc$	0,35	0,35
Coefficient de débit du déversoir (seuil épais): m	-		0,4	0,4
LD: longueur du bloc de dissipation (distribution)	m	$Ld = \frac{Q(m^3/s)}{m \times \sqrt{2 \times g \times h(m)^3}}$	0,19	0,2
Coefficient de proportionnalité K	-	-	5	5
De : Diamètre entrant	mm	-	225	200
Ds : Diamètre sortant	mm		125	125
Z : la hauteur du seuil (dénoyé ↔ Z>0.4 h)	m	$Z = De + 0,25 \text{ m}$	0,48	0,48
Lb: Longueur du bassin	m	$Lb = K * h$	0,75	0,75
lb: largeur du bassin	m	$lb = Ds + 0,4$	0,53	0,55
L : Longueur de l'ouvrage		$2 * Lb [m] + ld [m] + 2 * hc [m]$	2,05	2,05
l : Largeur de l'ouvrage	m	$2 * lb [m] + 4 * hc [m]$	1,45	1,45
r : revanche du bassin	m	-	0,2	0,2
H: Hauteur du bassin	m	$H = Z + r + h$	0,825	0,8
Côte TN	m			349
Côte radier				349,95
Côte déversoir		$\max_{0 \leq i \leq n} (Côte TN_i + 0,4 + Pdc total_i)$		350,43

$$C_d = C_r + Z$$

Côte crête de l'ouvrage		$C_c = C_r + H$		350,75
--------------------------------	--	-----------------	--	--------

Caractéristiques du Bassin D				
Grandeur	Unité	Formule	Valeur	Valeur constructive
Qe : Débit entrant	m ³ /s	0,02		
Qs : Débit sortant	m ³ /s	0,01		
hauteur critique hc (m)	m	0,1	0,1	0,1
h : Hauteur de la lame d'eau deversante	m	3/2 *hc	0,15	0,15
épaisseur du déversoir : e (m)	m	3,5*hc	0,35	0,35
Coefficient de débit du déversoir (seuil épais): m	-		0,4	0,4
LD: longueur du bloc de dissipation (distribution)	m	$Ld = \frac{Q(m^3/s)}{m \times \sqrt{2 \times g} \times h(m)^{3/2}}$	0,19	0,2
Coefficient de proportionnalité K	-		5	5
De : Diamètre entrant	mm	-	200	200
Ds : Diamètre sortant	mm		125	125
Z : la hauteur du seuil (dénoyé ↔ Z>0.4 h)	m	Z = De + 0,25 m	0,45	0,45
Lb: Longueur du bassin	m	Lb= K * h	0,75	0,75
lb: largeur du bassin	m	lb = Ds + 0,4	0,53	0,55
L : Longueur de l'ouvrage		2*Lb [m] + ld [m] + 2*hc [m]	2,05	2,05
l : Largeur de l'ouvrage	m	2*lb [m] + 4*hc [m]	1,45	1,45
r : revanche du bassin	m	-	0,2	0,2
H: Hauteur du bassin	m	H = Z + r + h	0,8	0,8

Côte TN		CTN	348,75
Côte radier		$\max_{0 \leq i \leq n} (Côte TN_i + 0,4 + Pdc total_i)$	349,76
Côte déversoir		$C_d = C_r + Z$	350,21
Côte crête de l'ouvrage		$C_c = C_r + H$	350,56

Références	N° Prise	Côte TN	Côte max du terrain à irrigué	Côte de calage retenue	Hauteur d'élévation	Observations et ajustements
Rive droite						
CS1-D	1	348,5	348,5	348,6	0,1	0,4
	2	347,5	347,5	347,6	0,1	0,4
	3	346,5	346,5	346,6	0,1	0,4
CS2-D	1	347,75	348	348,1	0,35	0,4
	2	347	347,25	347,35	0,35	0,4
	3	346,5	346,5	346,6	0,1	0,4
CS1'-D	1	347,5	347,5	347,6	0,1	0,4
	2	346,5	346,5	346,6	0,1	0,4
	3	345,75	346	346,1	0,35	0,4
CS2'-D	1	347,25	347,5	347,6	0,35	0,4
	2	346,25	346,25	346,35	0,1	0,4
	3	345,5	345,5	345,6	0,1	0,4
Rive droite						
CS1-G	1	348,5	348,75	348,85	0,35	0,4
	2	348	349	349,1	1,1	0,4

LX

	3	347,5	347,5	347,6	0,1	0,4
CS2-G	1	348,5	348,5	348,6	0,1	0,4
	2	347,75	347,75	347,85	0,1	0,4
	3	347	347	347,1	0,1	0,4
CS3-G	1	347,5	347,75	347,85	0,35	0,4
	2	347	347,25	347,35	0,35	0,4
	3	346,5	346,5	346,6	0,1	0,4
CS1'-G	1	348,25	348,25	348,35	0,1	0,4
	2	347,25	347,5	347,6	0,35	0,4
	3	346,25	346,5	346,6	0,35	0,4
CS2'-G	1	348	348,25	348,35	0,35	0,4
	2	347,5	347,75	347,85	0,35	0,4
	3	346,5	346,75	346,85	0,35	0,4

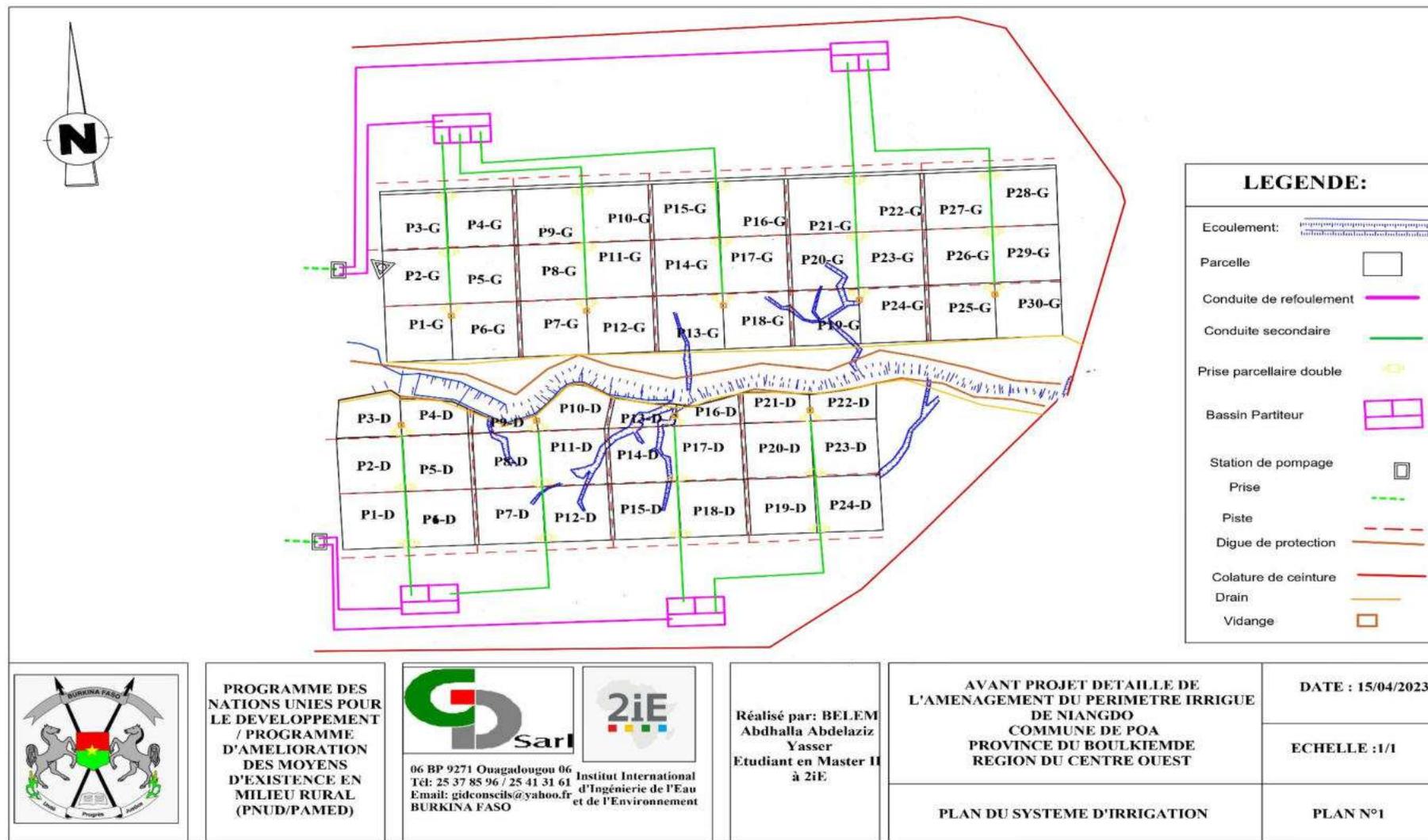
Annexe 7: Dimensionnement des colatures et drains

Colature de ceinture																		
Longueur total du drain ceinture(m)																		
T	L (m)	Larg (m)	Kr (%)	t(h)	P10 (mm)	Q (m ³ /s)	I	m	Ks	r (m)	y(m)	b(m)	Largeur en miroir	y (m) choisie	b (m) choisie	y(m) total	Vitesse (m/s)	Décapage [m ³]
RIVE DROITE																		
T1	100	50	30	24	99,3	0,172	0,005	1,5	33	0,2	0,34	0,21	1,82	0,5	0,3	0,7	0,82	138,92
T2	100	50	30	24	99,3	0,172	0,005	1,5	33		0,34	0,21	1,82					
T3	100	50	30	24	99,3	0,172	0,005	1,5	33		0,34	0,21	1,82					
T4	100	50	30	24	99,3	0,172	0,005	1,5	33		0,34	0,21	1,82					
T5	100	50	30	24	99,3	0,172	0,005	1,5	33		0,34	0,21	1,82					
T6	100	50	30	24	99,3	0,172	0,005	1,5	33		0,34	0,21	1,82					
T7	61,5	50	30	24	99,3	0,172	0,005	1,5	33		0,34	0,21	1,82					
RIVE GAUCHE																		
T1	100	50	30	24	99,3	0,172	0,005	1,5	33	0,2	0,34	0,21	1,82	0,5	0,3	0,7	0,82	179,718
T2	100	50	30	24	99,3	0,172	0,005	1,5	33		0,34	0,21	1,82					
T3	100	50	30	24	99,3	0,172	0,005	1,5	33		0,34	0,21	1,82					
T4	100	50	30	24	99,3	0,172	0,005	1,5	33		0,34	0,21	1,82					
T5	100	50	30	24	99,3	0,172	0,005	1,5	33		0,34	0,21	1,82					
T6	100	50	30	24	99,3	0,172	0,005	1,5	33		0,34	0,21	1,82					
T7	100	50	30	24	99,3	0,172	0,005	1,5	33		0,34	0,21	1,82					
T8	100	50	30	24	99,3	0,172	0,005	1,5	33		0,34	0,21	1,82					
T8	100	50	30	24	99,3	0,172	0,005	1,5	33		0,34	0,21	1,82					
T9	55,8	50	30	24	99,3	0,172	0,005	1,5	33	0,34	0,21	1,82						

Drains													
N°	Coef. de Manning [Ks]	Pente I	Fruit de berge [m]	T(h)	P10 (mm)	q (l/s/ha)	Q (m3/s)	Profondeur y [m]	Largeur b [m]	Y choisie	b choisie	S[m2]	V [m3]
Drain1	33	0,005	0	12	99,3	22,99	0,03	0,17	0,35	0,40	0,40	0,160	21,63
Drain2	33	0,005	0	12	99,3	22,99	0,03	0,17	0,35			0,160	21,63
Drain3	33	0,005	0	12	99,3	22,99	0,03	0,17	0,35			0,160	21,63
Drain4	33	0,005	0	12	99,3	22,99	0,03	0,17	0,35			0,160	53,025
Drain5	33	0,005	0	12	99,3	22,99	0,03	0,17	0,35			0,160	53,025
Drain6	33	0,005	0	12	99,3	22,99	0,03	0,17	0,35			0,160	47,775
Drain7	33	0,005	0	12	99,3	22,99	0,03	0,17	0,35			0,160	47,775
Drain8	33	0,005	0	12	99,3	22,99	0,03	0,17	0,35			0,160	47,775
Drain9	33	0,005	0	12	99,3	22,99	0,03	0,17	0,35			0,160	47,775

Digue de protection											
N°	Longueur	Coef. de Manning [Ks]	Pente I	Fruit de berge [m]	Q (m3/s)	Profondeur y [m]	hauteur choisie	Largeur b [m]	b choisie	S[m2]	V [m3]
Rive droite	612,1	33	0,2	0	16,68	0,96	1,50	1,92	2,00	3,000	1836,3
Rive gauche	612,1	33	0,2	0	16,68	0,96	1,50	1,92	2,00	3,000	1836,3

Annexe 8: Plans dessinés



PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT / PROGRAMME D'AMELIORATION DES MOYENS D'EXISTENCE EN MILIEU RURAL (PNUD/PAMED)

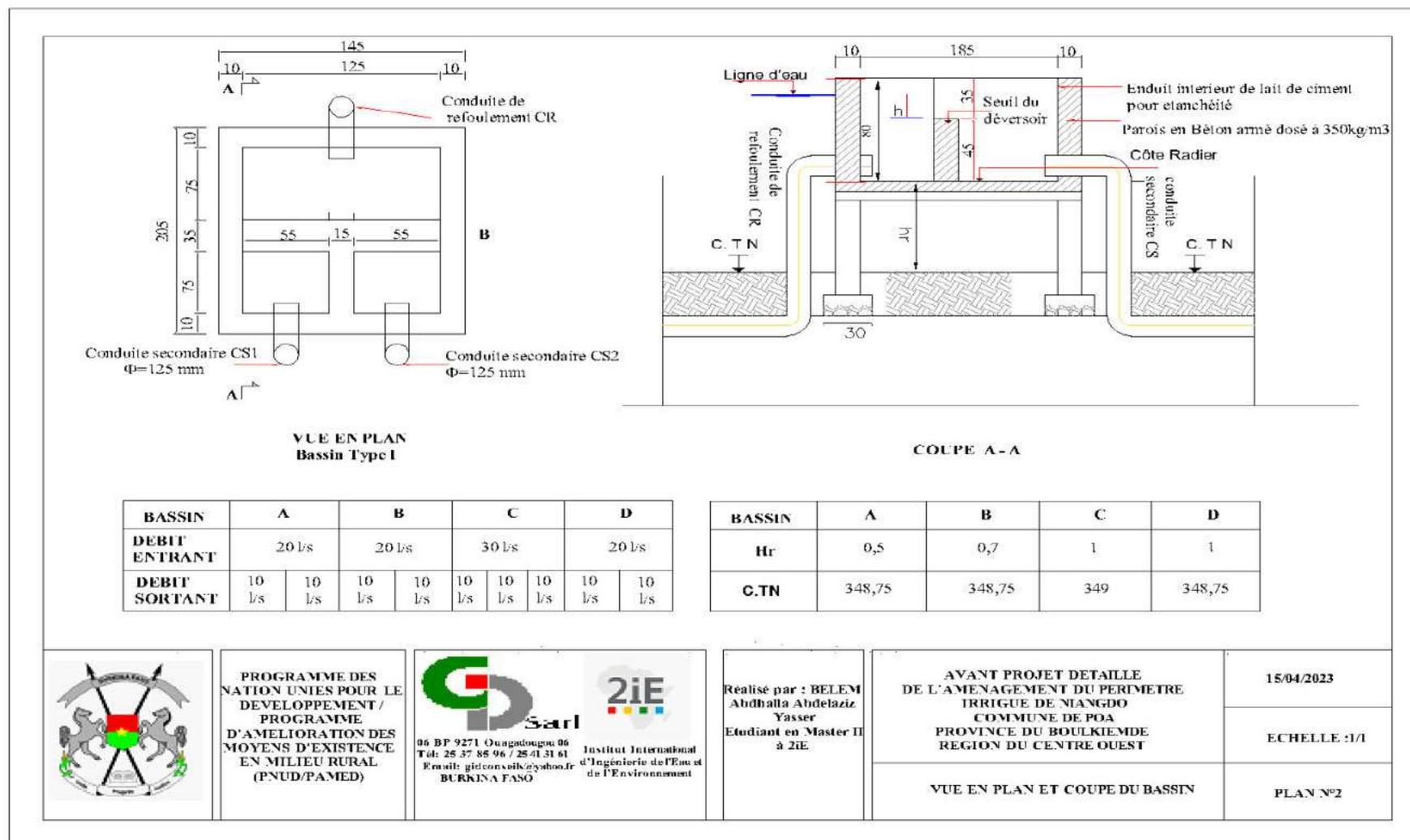


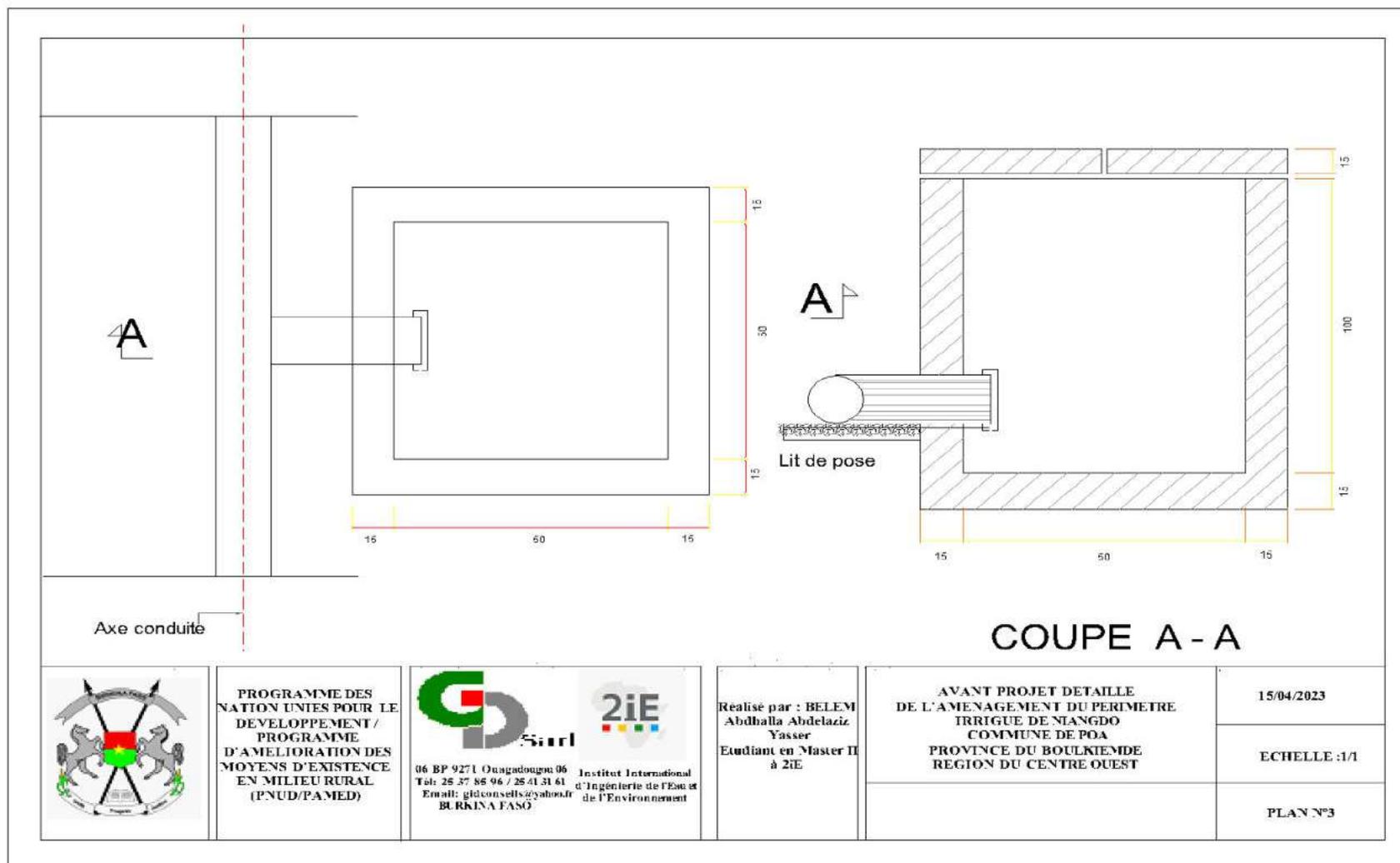
2iE Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

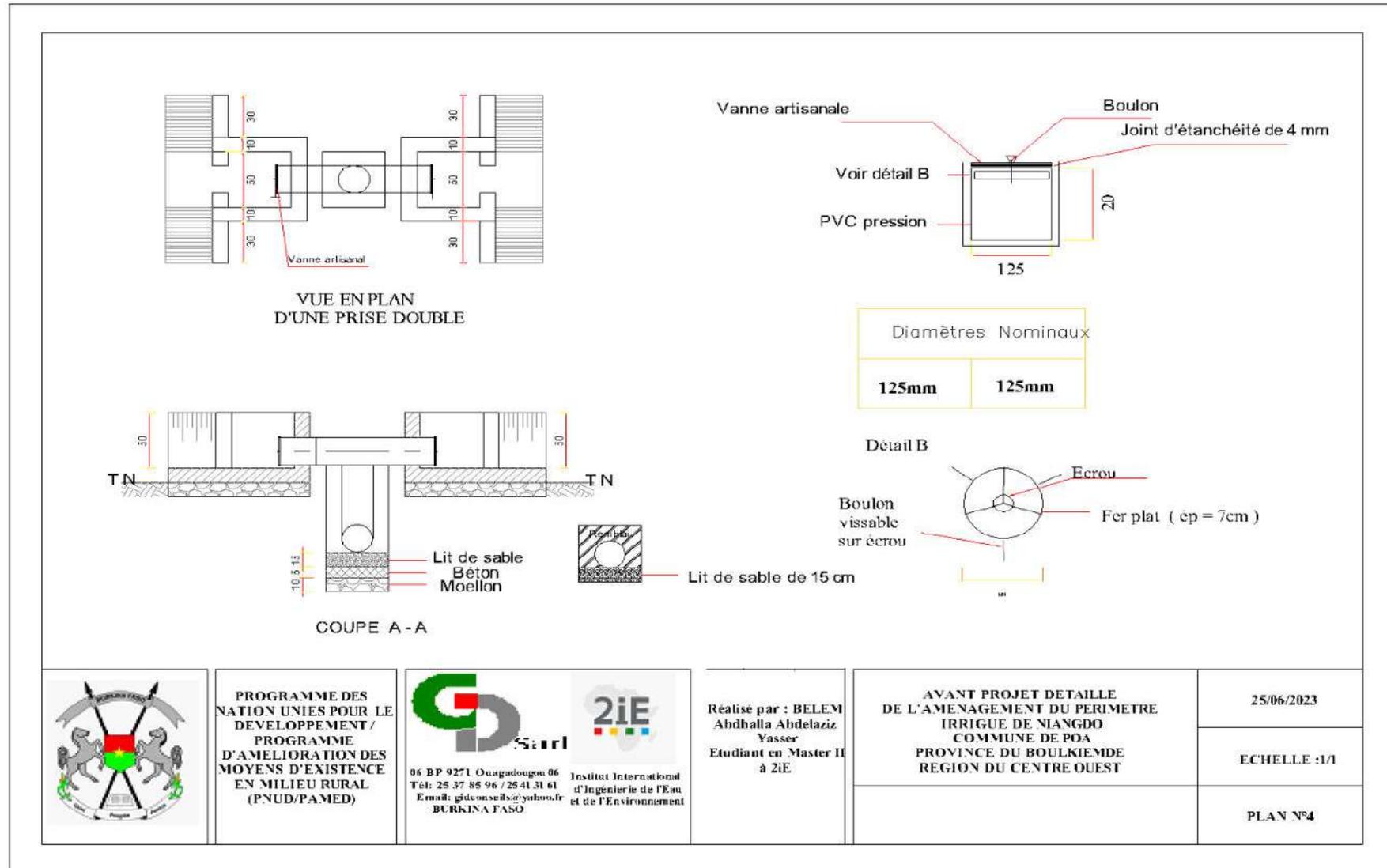
Réalisé par: BELEM Abdhalla Abdelaziz Yasser Etudiant en Master II à 2iE

AVANT PROJET DETAILLE DE L'AMENAGEMENT DU PERIMETRE IRRIGUE DE NIANGDO COMMUNE DE POA PROVINCE DU BOULKIEPME REGION DU CENTRE OUEST

DATE : 15/04/2023
ECHELLE : 1/1
PLAN N°1







Annexe 9: Coût de l'aménagement

N° prix	Désignation	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Prix Total
1	INSTALLATION ET IMPLANTATION				
1.1	Amenée, et repli du matériel	FF	1	1 500 000	1 500 000
1.2	Elaboration des dossiers, d'exécution et de recollement	FF	1	250 000	250 000
SOUS-TOTAL 1					1 750 000
2	STATION DE POMPAGE, REFOULEMENT				
2.1	Construction de l'abri pour motopompes conformément aux plans plateforme y compris toutes sujétions	U	2	2 000 000	4 000 000
2.2	Fournitures et pose de conduites PVC DN 200 PN6 pour conduite de refoulement y compris, déblai, lit de sable, grille avertisseur, remblai toutes sujétions y compris	ml	1217,6	16 000	19 481 600

2.3	Fournitures et pose et fermeture après pose de conduites PVC DN 250 PN6 pour conduite de refoulement y compris, déblai, lit de sable, grille avertisseur, remblai toutes sujétions y compris	ml	210	18 000	3 780 000
2.4	Coude PVC pression DN 250	U	2	10 000	20 000
2.5	Coude PVC pression DN 200	U	6	8 000	48 000
2.6	Rehausse en PVC pression DN 250	ml	1	25 000	25 000
2.7	Rehausse en PVC pression DN 200	ml	3	20 000	60 000
2.8	Regard de vanne	U	4	100 000	400 000
2.9	Partiteur y compris toute suggestion de mise en œuvre	U	4	300 000	1 200 000
2.10	Fourniture, pose et essais de groupe motopompe Grundfos NK 50-160/177 (50hz, 4 poles) de débit 72 m3/h, et de HMT 8m et pièces de rechanges	U	3	1 500 000	4 500 000

2.11	Fourniture, pose et essais de groupe motopompe Grundfos NK 80-160/177 (50hz, 4 poles) de débit 108 m3/h, et de HMT 8m et pièces de rechanges	U	1	1 700 000	1 700 000
2.12	Fourniture et pose de tuyau d'aspitation en pvc PN6 DN 200	ml	3	100 000	300 000
2.13	Fourniture et pose de tuyau d'aspitation en pvc PN6 DN 250	ml	1	180 000	180 000
2.14	Crepine d'aspiration DN 200	U	3	130 000	390 000
2.15	Crepine d'aspiration DN 250	U	1	140 000	140 000
2.16	Fourniture et pose d'un clapet anti-retour DN200	lot	3	100 000	300 000
2.17	Fourniture et pose d'un clapet anti-retour DN250	lot	1	150 000	150 000
SOUS-TOTAL 2					36 674 600
3	RESEAUX DE DISTRIBUTION				
3.1	Fourniture et pose de conduite PVC évacuation DN 125 y compris, déblai, lit de sable, remblai toutes suggestions de pose et de raccordement au bassin partiteur	ml	2246,2	8 000	17 969 600

LXX

3.3	Té PVC DN 125 évacuation	U	2	15 000	30 000
3.4	Fourniture et pose de Coude PVC DN 125 évacuation	U	2		-
3.5	Rehausse en PVC évacuation DN125	ml	22	12 500	275 000
3.6	Té PVC DN 200 évacuation	U	2	15 000	30 000
3.7	Fourniture et pose de Coude PVC DN 200 évacuation	U	2		-
3.8	Rehausse en PVC évacuation DN 200	ml	22	12 500	275 000
3.9	Ouvrage de Prise parcellaire double y compris toute suggestion de mise en œuvre et de raccordement au réseau d'irrigation	U	27	40 000	1 080 000
SOUS-TOTAL 3					19 659 600
4	TRAVAUX INTERNES A L'AMENAGEMENT				
4.1	Débroussaillage de l'emprise du périmètre y compris abattage et dessouchage des arbres de circonférence inférieure ou égale à 1 m	ha	12,53	200 000	2 506 000
4.2	Planage sommaire et labour croisé du périmètre	ha	13,3	100 000	1 330 000
4.3	Remblais digue de protection avec déblais	m3	440,64	-	-
4.4	Fourniture et pose de dalots préfabriqués	U	1	1 500 000	1 500 000

4.5	Matérialisation de l'axe des conduites	ml	2122,47	800	1 697 976
SOUS-TOTAL 4					7 033 976
5	DRAINAGE ET DIVERS				
5.1	Regard de vidange sur conduites secondaires (DN125) y compris té et bouchons	U	9	100 000	900 000
5.2	Bassins de vidange sur conduites secondaires (DN 200) y compris té et bouchons	U	4	100 000	400 000
5.3	Déblai pour colature de ceinture	m3	1517,2	1 500	2 275 800
5.4	Déblai pour réalisation de drains	m3	2122,47	1 500	3 183 705
5.5	Recalibrage du cours d'eau	ml	1517,2	1 500	2 275 800
SOUS-TOTAL 5					9 035 305
6	RESEAU DE CIRCULATION				
6.1	Décapage de l'emprise des pistes	m3	1058,886	800	847 109
6.2	Pistes latéritiques de 5 m de large et 0,20 m d'épaisseur, toutes sujétions	km	1,9	700 000	1 330 000
SOUS-TOTAL 6					2 177 109
7	MESURES D'ACCOMPAGNEMENT				

7.1	Construction d'un local pour gardeinnage	FF	1	1 500 000	1 500 000
7.2	Formation en réparation et maintenance de pompe	U	1	1 000 000	1 000 000
7.4	Construction d'un magasin de stockage de 100 m ²	FF	1	3 500 000	3 500 000
7.5	Bloc de latrines VIP à deux (02) postes	U	1	2 000 000	2 000 000
SOUS-TOTAL 7					8 000 000
TOTAL HT					84 330 590
TVA (18%)					15 179 506
TOTAL TTC					99 510 096
Coût total à l'hectare TTC					7 941 747

Annexe 10:Comptes d'exploitation des cultures

COMPTE D'EXPLOITATION POUR 1 HA					
N°	CHOU				
	Désignations	Unité	Quantité	Prix unitaire	Valeur FCFA/ha
1	Préparation du sol				
1.1	Labour Mise en place des planches	ha	1	40 000	40 000
1.2	Billonnage	ha	1	25 000	25 000
Sous total 1					65 000
2	Intrants				
2.1	Semences	Kg	1	25 000	12 500
2.2	NPK	Kg	400	400	160 000
2.3	Urée	Kg	200	500	100 000
2.4	Conditionnement et transport	T	21	10 000	212 500
2.4	Produits phytosanitaires	Lot	1	90 000	90 000
Sous total Intrants					362 500
3	Irrigation				
3.1	Redevance entretien infrastructures	FF	1	40 000	40 000
Sous total irrigation					40 000
4	Main d'œuvre				

4.1	Affinage labour et billons	ff	4	1 200	4 800
4.2	Pépinière / Repiquage	ff	15	2 000	30 000
4.3	Entretien, désherbage	ff	1	3 000	3 000
4.4	Récolte	ff	1	20 000	20 000
Sous total main d'œuvre					57 800
5	Autres charges				
5.1	Consommation motopompe	Lot	1	10 000	10 000
5.2	Entretien Annuel motopompe et du périmètre	ff	1	30 000	30 000
Sous total autres charges					40 000
Total charges					565 300
Produits					
	Produit récoltés	Kg		25 000	
	Pertes et auto-consommation (15%)	Kg		3 750	
	Produits commercialisés	Kg		21 250	
	Prix moyen			150	
	Chiffre d'affaires			3 187 500	
	Bénéfice net			2 622 200	

	Cout de l'aménagement/ha	7 941 747
	DRI	3,0

COMPTE D'EXPLOITATION POUR 1 HA					
N°	OIGNON				
	Désignations	Unité	Quantité	Prix unitaire	Valeur FCFA/ha
1	Préparation du sol				
1.1	Labour Mise en place des planches	ha	1	40 000	40 000
1.2	Billonnage	ha	1	25 000	25 000
Sous total 1					65 000
2	Intrants				
2.1	Semences	Kg	3	45 000	135 000
2.2	NPK	Kg	300	400	120 000
2.3	Urée	Kg	200	300	60 000
2.4	Conditionnement et transport	T	21	10 000	212 500
2.5	Produits phytosanitaires	Lot	1	90 000	90 000
Sous total Intrants					617 500
3	Irrigation				

3.1	Redevance entretien infrastructures	FF	1	40 000	40 000
Sous total irrigation					40 000
4	Main d'œuvre				
4.1	Affinage labour et billons	ff	4	2 000	8 000
4.2	Pépinière / Repiquage	ff	15	2 000	30 000
4.3	Entretien, désherbage	ff	1	3 000	3 000
4.4	Récolte	ff	1	20 000	20 000
Sous total main d'œuvre					61 000
5	Autres charges				
5.1	Consommation motopompe	Lot	1	10 000	10 000
5.2	Entretien Annuel motopompe et du périmètre	ff	1	30 000	30 000
Sous total autres charges					40 000
Total charges					823 500
Produits					
	Produit récoltés	Kg		25 000	
	Pertes et auto-consommation (15%)	Kg		3 750	
	Produits commercialisés	Kg		21 250	
	Prix moyen			150	
	Chiffre d'affaire			3 187 500	
	Bénéfice net			2 364 000	
	Cout de l'aménagement/ha			7 941 747	
	DRI			3,4	

COMPTE D'EXPLOITATION POUR 1 HA					
N°	TOMATE				
	Désignations	Unité	Quantité	Prix unitaire	Valeur FCFA/ha
1	Préparation du sol				
1.1	Labour Mise en place des planches	ha	1	40 000	40 000
1.2	Billonnage	ha	1	25 000	25 000
Sous total 1					65 000
2	Intrants				
2.1	Semences	Kg	1	25 000	12 500
2.2	NPK	Kg	400	400	160 000
2.3	Urée	Kg	300	400	120 000
2.4	Conditionnement et transport	T	25,5	7 000	178 500
2.4	Produits phytosanitaires	Lot	1	90 000	90 000
Sous total Intrants					561 000
3	Irrigation				
3.1	Redevance entretien infrastructures	FF	1	40 000	40 000
Sous total irrigation					40 000
4	Main d'œuvre				
4.1	Affinage labour et billons	ff	4	2 000	8 000

4.2	Pépinière / Repiquage	ff	15	2 000	30 000
4.3	Entretien, désherbage	ff	1	3 000	3 000
4.4	Récolte	ff	1	20 000	20 000
Sous total main d'œuvre					61 000
5	Autres charges				
5.1	Consommation motopompe	Lot	1	10 000	10 000
5.2	Entretien Annuel motopompe et du périmètre	ff	1	30 000	30 000
Sous total autres charges					40 000
Total charges					767 000
Produits					
	Produit récoltés	Kg		30 000	
	Pertes et auto-consommation (15%)	Kg		4 500	
	Produits commercialisés	Kg		25 500	
	Prix moyen FCFA			130	
	Chiffre d'affaires FCFA			3 315 000	
	Bénéfice net FCFA			2 548 000	

	Cout de l'aménagement/ha	7 941 747
	DRI	3,12

Annexe 11:Impact Environnemental et Social

A. Identification, analyse et évaluation des impacts potentiels sur l'environnement :

- ✓ **Identification des sources d'impact :**
- ✓ **Identification des récepteurs d'impact :**
- ✓ **Identification des impacts :**

Matrice d'identification des impacts :

Pour apprécier les impacts du projet une comparaison entre l'état actuel et l'état future de l'environnement de la zone après aménagement. Les critères d'évaluation sont la nature de l'impact, l'intensité de la perturbation, l'étendue de l'impact et la durée de celle-ci.

✓ **Identification des receveur d'impact :**

✓ **Impact sur la qualité de l'air :**

Les fouilles et le mouvement des engins lourd influent sur la qualité de l'air avec un soulèvement de poussière. Ces engins sont donc une source de pollution. L'impact a été évalué comme étant mineur.

Critère d'évaluation		Importance
Intensité Faible	Intensité Faible	Mineure
Etendue Locale	Etendue Locale	
Durée	Courte	

✓ **Impact sur le sol :**

Les travaux auront un impact direct sur le sol avec une possibilité érosion éolienne et hydrique.

Critère d'évaluation		Importance
Etendue	Ponctuelle	Mineure
Durée	Courte	

✓ **Impact sur la ressource en eau :**

Pendant l'exploitation des parcelles, les agriculteurs peuvent avoir recours à des pesticides qui peuvent contaminer les nappes souterraines par infiltration mais aussi les eaux situées en aval de l'aménagement L'impact peut être majeur, mais il faudrait règlementer l'utilisation des pesticides et favoriser le développement des systèmes d'irrigation plus modernes.

Critère d'évaluation		Importance
Etendue	Ponctuelle	Majeur
Durée	Courte	

✓ **Impact sur la végétation :**

La mise en œuvre du périmètre irrigué, va nécessiter une large bande de terre qui se devra être raser de sa végétation. L'impact sera moyen. Pour atténuer ce phénomène, il faudrait effectuer un reboisement compensatoire et limiter au maximum la coupe des arbres lors des travaux.

Critère d'évaluation		Importance
Étendue	Ponctuelle	Moyenne

Durée	Courte	
Intensité	Moyenne	

✓ **Impact sur la faune :**

Les travaux de désherbage et de fouilles pourraient entraîner la fuite des animaux sauvages notamment ceux qui vivent sous terre. Les pompes lors de leur fonctionnement peuvent produire beaucoup de bruit et ainsi les éloigner. L'exploitation du périmètre pourrait aussi attirer des animaux en divagation en quête de nourriture L'impact sur la faune sera moyen. Pour atténuer ce phénomène, il faudrait créer dans la zone des aires protégées ou ces animaux pourraient vivre en sécurité mais aussi aménager des pistes à bétail afin que les animaux d'élevage ne ravagent pas les récoltes.

Critère d'évaluation		Importance
Etendue	Locale	Moyenne
Durée	Courte	
Intensité	Moyenne	

✓ **Impact sur la qualité de vie :**

L'aménagement fournirait des revenus additionnels au village tout au long de la saison sèche avec des cultures maraichères compétitives augmentant ainsi la richesse des habitants et ainsi donc leur niveau de vie et leur confort quotidien. L'impact sera positif et majeur. Comme mesure de bonification, il faudrait plus étendre le marché afin de servir plus de profit et ainsi augmenter le bénéfice mais aussi mettre en place des comptoirs ou l'on pourra discuter les prix et écouler les récoltes.

Critère d'évaluation		Importance
Etendue	Locale	Majeure
Durée	Temporaire	
Intensité	Moyenne	

✓ **Impact sur l'emploi :**

L'aménagement hydro-agricole va employer beaucoup de main d'œuvre non seulement les travaux d'installation mais aussi pour assurer le fonctionnement optimal ces installations. Cela permettra de lutter contre le chômage et l'exode dans le village. L'impact sera positif et majeur. Il faudra alors multiplier ces aménagements dans la localité afin de créer plus d'emploi et de résorber le chômage et l'exode.

Critère d'évaluation		Importance
Etendue	Locale	Majeure
Durée	Longue	
Intensité	Moyenne	

✓ **Impact sur l'économie :**

Ces nouvelles installations vont créer de nouvelles activités donc des revenus. Cela va redynamiser l'économie de la zone notamment dans le secteur agricole avec des cultures maraichères dont les produits se vendent bien. L'impact sera positif et majeur. Il faudrait développer encore plus ce secteur dans la zone afin d'être plus compétitif au niveau national et que cette production puisse contribuer de façon significative à répondre à la demande des consommateurs de la sous-région.

Critère d'évaluation		Importance
Etendue	Locale	Majeure
Durée	Longue	
Intensité	Moyenne	

B. Analyse des risques :

Les activités d'aménagement et d'exploitation du périmètre présentent certains risques. On peut citer entre autres les suivants :

✓ Risque d'accident lors du travail sur le chantier :

Lors de l'installation du matériel il est possible qu'un ouvrier soit victime d'un accident de travail. Afin d'éviter au maximum cette éventualité il serait judicieux de faire porter aux ouvriers une protection adéquate et d'avoir le matériel nécessaire pour intervenir en cas d'accident.

✓ Risque de panne des systèmes d'irrigation :

Lors de l'utilisation du système d'irrigation les opérateurs ne sont pas à l'abri de pannes. Pour faire face à ce genre de situations il faudrait former les opérateurs à la maintenance pour régler les petites pannes et avoir un stock de pièces de rechanges.

✓ Risque de pollution de l'eau de la retenue :

Du fait de la proximité des stations de pompage, une pollution de la retenue avec de l'essence ou de l'huile de moteur est possible. L'utilisation sans contrôle des pesticides pourrait avoir de graves conséquences sur la retenue telles que l'eutrophisation. L'adoption de bonnes pratiques est requise pour réduire les risques de pollution.

C. Mesures d'atténuation

✓ Mesures d'atténuation pour la phase préparation et travaux du périmètre :

Elles vont consister au : respect des lois et réglementations nationales, à signaler les travaux du chantier, respecter les horaires des travailleurs, à gérer de façon responsable les déchets et à faire des campagnes de sensibilisation afin que les populations sachent quel comportement avoir à proximité des zones de chantier pour leur sécurité.

✓ **Mesures d'atténuation pour la phase exploitation du périmètre :**

A ce niveau, il s'agira de sensibiliser les producteurs sur les méfaits de la mauvaise gestion des ressources en eau et aussi sur l'utilisation de pesticides illégaux. Il faudra aussi les former à l'utilisation du système semi californien avec le respect du calendrier d'irrigation. Il faudrait aussi mettre en place des structures d'approvisionnement en intrants et comptoirs de vente des récoltes ou celle-ci pourront être vendues.

• Impact Positifs

Impact identifiés et mesures d'atténuation							
Récepteur d'impact	Impacts positifs	Période	Evaluation des impact positifs			Mesures environnementales préconisées	Acteurs responsables
			Importance et etendue	Intensité	Durée		
Milieu biologique							
Eau souterraine et eau de surface	La rétention de l'eau dans le barrage et l'entreposage permanent de l'eau dans le réservoir permettront une recharge de la nappe d'eau souterraine et l'exploitation des périmètres irrigués.	Exploitation	forte et locale	Moyenne	Longue	Le promoteur pourrait mettre à la disposition des populations des puits et/ou forages d'eau souterraine pour augmenter la disponibilité de l'accès à l'eau; Entretien des ouvrages - Bonne gestion de l'eau au niveau des parcelles	Promoteur, mairie, service forestier

Végétation	Les activités de végétalisation constitueront les sources d'impacts résiduels.	Exploitation	forte et locale	Moyenne	Longue	implication des communautés pour un renforcement	Promoteur et entrepreneur
Faune	Le reboisement développera la petite faune	Exploitation	Moyenne et locale	Moyenne	Longue	Implication des communautés pour une réussite	Promoteur et entrepreneur / service forestier
Milieu Humain							
Emploi	Le recrutement de la main d'œuvre pour la construction	Réalisation	Moyenne et locale	Forte	courte	Implication des communautés pour un renforcement	Promoteur, mairie
Agriculture et élevage	La disponibilité en eau du barrage et des périmètres qui seront ouvert aux populations pour des cultures saisonnières et l'élevage constituent les impacts.	Exploitation	forte et régionale	Forte	Longue	appuis au renforcement des capacités des agriculteurs et des éleveurs, la réinstallation des producteurs sur les parcelles d'exploitation, la mise à disposition de semences améliorées et/ou des appuis à la vaccination du bétail.	Promoteur et entrepreneur / service de l'agriculture et de l'élevage

Impact identifiés et mesures d'atténuation							
Récepteur d'impact	Impacts Négatifs	Période	Evaluation des impact négatifs			Mesures environnementales préconisées	Acteurs responsables
			Importance et étendue	Intensité	Durée		
Milieu biologique							
Végétation	Risque de perte d'espèces végétales protégées et/ou menacées de disparition; fragilisation du couvert végétal de la zone	Étape de réalisation	Moyenne et locale	Moyenne	Courte	Limiter les coupes ; et prévoir un Reboisement compensatoire après identification et comptage des arbres abattus; campagne information / sensibilisation sur la protection de l'environnement	Promoteur et entrepreneur

<p>Air et ambiance sonore</p>	<p>Pollution de l'air par les poussières et fumées générées par les engins de chantier; bruits dus au mouvement des engins</p>	<p>Étape de réalisation</p>	<p>Moyenne et locale</p>	<p>Faible</p>	<p>Courte</p>	<p>Application stricte d'une limitation de vitesse sur le chantier; éviter les incinérations et interdire le brûlage des déchets sur le chantier; arroser le chantier et les routes; choisir des heures d'opération; Maintenance des engins utilisés pour les travaux</p>	<p>Promoteur et entrepreneur</p>
<p>Sols</p>	<p>Vulnérabilité à l'érosion; tassement du sol, risque de contamination par les déchets liquides et solides du chantier</p>	<p>Étape de réalisation, d'exploitation et de maintenance</p>	<p>Forte et locale</p>	<p>Forte</p>	<p>Longue</p>	<p>Limiter les décapages au strict nécessaire; La collecte et l'élimination des déchets solides et liquides (incinération contrôlée ou recyclage); Contrôler l'utilisation des engrais et des pesticides; utiliser le fumier les pailles de riz comme engrais biologique</p>	<p>Promoteur et entrepreneur / service forestier</p>

<p>Faune</p>	<p>Perte et réduction de la faune du village dus au découvrment du couvert végétal; perturbation sonore;</p>	<p>Étape de réalisation et exploitation</p>	<p>Moyenne et locale</p>	<p>Moyenne</p>	<p>Courte</p>	<p>Renforcer les capacités locales dans la production, la mise en terre et l'entretien des arbres; Information / sensibilisation en matière de protection de la petite faune présente</p>	<p>Promoteur, mairie, service forestier</p>
<p>Eau souterraine et eau de surface</p>	<p>Diminution du volume d'eau de surface; Risque de contamination de la nappe phréatique et de l'eau de surface par les produits agricoles</p>	<p>Étape de réalisation et exploitation</p>	<p>Forte et locale</p>	<p>Moyenne</p>	<p>Courte</p>	<p>Utilisation rationnelle de l'eau pendant les travaux, empoigner les produits qui pourrait entrer en contact avec l'eau des forages et puits sur le site,</p>	<p>Promoteur et entrepreneur / service de l'agriculture et de l'élevage</p>

Milieu Humain							
Santé et sécurité des populations	Émission de gaz et de particules de poussière pendant la période des travaux; Développement de maladies d'origine hydrique, risques d'infections sexuellement transmissibles (IST) VIH/SIDA et maladies respiratoire	Étape de réalisation et exploitation	Faible et locale en réalisation et moyenne, locale en exploitation	Faible	Courte	La limitation de vitesse, l'utilisation de moyens et équipements de protection individuelle, la sensibilisation, l'arrosage des chantiers et des routes constituent des mesures d'atténuation courantes pour réduire et/ou prévenir les impacts. Animation/sensibilisation en matière de santé.	Service de santé
Agriculture et élevage	Pertes de pâturage, Possibilités de conflits sur le périmètre	Étape de réalisation et exploitation	Moyenne et locale	Moyenne	Longue	Compensation avec les résidus de récolte	

XCV

Habitat et qualité de vie	L'occupation de l'espace	Étape de réalisation et exploitation	Forte et locale	Forte	Longue	Appui à la restauration des moyens de subsistance, la recherche endogène de terres de remplacement; Appui en intrants et autres vaccinations; suivi/évaluation des programmes établis et des réflexions constantes pour améliorer leur niveau de vie de façon durable	Service de santé et d'agriculture, promoteur
----------------------------------	--------------------------	--------------------------------------	-----------------	-------	--------	---	--

Annexe 12 : Planning d'exécution

DESIGNATION	Mois 1	Mois 2	Mois 3	Mois 4	Mois 5	Mois 6	Mois 7	Mois 8	Mois 9	Mois 10	Mois 11	Mois 12
INSTALLATION GENERALE												
Amené du matériel Installation de la base provisoire de l'entreprise												
Etudes d'exécution Construction des bâtiments des bases-vie et réalisation des infrastructures annexes												
TRAVAUX DE TERRASSEMENT												
Planage et nivellement												
Tranchées pour conduite												
REALISATION DES PRINCIPALES OUVRAGES ET ASSIMILES												

Confection des bassins partiteurs et des abris des motopompes													
Confection des prises													
Confection des regards et vidange													
Installation des équipements des stations de pompage													
Installation des équipements (métalliques conduites pvc)													
Essai interne des différentes installations													
Réception provisoire-repli du matériel													