ANALYSE COMPARATIVE TECHNICO ECONOMIQUE ET DIMENSIONNEMENT DE DEUX SYSTEMES D'IRRIGATION : ASPERSION ET SEMI-GRAVITAIRE, CAS DU PERIMETRE IRRIGUE DE PA DE 13,5HA

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE MASTER

SPECIALITE : GENIE DE L'EAU DE L'ASSAINISSEMENT ET DES AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES

Présenté et soutenu publiquement le 21 Juillet 2026 par

KABORE Samia Shakira Damaris 20230066

Directeur de mémoire : Dr Amadou KEITA, Maitre de Conférences (CAMES)

Encadrant 2iE : Bassirou BOUBE, Enseignant à 2IE

Maître de stage : MOYENGA Alexandre, Ingénieur du Génie Rural (DGADI)

Structure d'accueil du stage : Direction Générale des Aménagements Agro-pastoraux et du Développement de l'Irrigation

Jury d'évaluation du stage :

***Dr* Lawani Adjadi MOUNIROU** *(Président de jury)*

M.Souleymane OUEDRAOGO *(Examinateur)*

M.Kibissi PARE*(Examinateur)*

Promotion [2025/2026]

DÉDICACE

À

Ma famille

REMERCIEMENT

La réalisation de ce mémoire n'aurait pas été possible sans le soutien et la contribution de plusieurs personnes et structures, à qui nous tenons à exprimer notre profonde gratitude.

- Nos remerciements vont tout d'abord à l'**Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)** pour nous avoir offert un cadre propice à notre formation ;
- **Monsieur Dr Amadou KEITA**, notre Directeur de mémoire, pour son encadrement de qualité, ses conseils avisés et sa disponibilité tout au long de cette période de stage ;
- **Monsieur Bassirou BOUBE**, notre encadreur, pour son encadrement de qualité, ses conseils avisés et sa disponibilité tout au long de cette période de stage ;
- **Monsieur Poulmawendé Moussa ZIDA**, Directeur Général des Aménagements Agro-Pastoraux et du Développement de l'Irrigation (DGADI), pour nous avoir accueillis au sein de sa structure et pour l'accompagnement dont nous avons bénéficié durant toute la durée de notre stage ;
- **Monsieur Alexandre MOYENGA,** notre maître de stage, pour son encadrement, ses orientations et le temps qu'il nous a consacré ;
- **Monsieur Mano THIO**, pour son soutien et ses précieux conseils ;
- Toute personne ayant, de près ou de loin, contribué à la réalisation de ce travail.

RÉSUMÉ

Dans un contexte marqué par la croissance démographique, les effets du changement climatique et la nécessité de renforcer la sécurité alimentaire, le Burkina Faso a engagé une politique de production agricole continue visant à réaliser trois campagnes agricoles par an sur les périmètres irrigués. C'est dans cette dynamique que s'inscrit notre étude comparative des systèmes d'irrigation par aspersion et semi gravitaire sur un périmètre irrigué de 13,5 ha situé à Pâ et destiné à la production du riz, du blé et du maïs. L'objectif principal est de comparer, sur les plans technique, économique et social, ces deux systèmes afin d'identifier la solution la plus adaptée au site. La méthodologie adoptée repose sur la collecte et l'analyse des données topographiques des ,données pédologiques (Ksat de13,6mm/h pour un sol sablo-limoneux ,une capacité de 120 mm), hydrologiques (un débit de crue de Q10 de 64 m3/s), le calcul des besoins en eau des cultures (les besoins en eau pour la campagne la plus contraignante s'élèvent à 7 933,58 m3/ha pour le système par aspersion et à 9 916,97 m3/ha pour le système semi gravitaire) ,ainsi que la conception et le dimensionnement des deux systèmes d'irrigation. Le dimensionnement a conduit à des débits d'équipement de 2,78 L/s/ha pour le système par aspersion et de 3,73 L/s/ha pour le système semi gravitaire. Les efficiences des deux systèmes aspersion et semi gravitaire sont respectivement de 75% et 60%. Malgré ces performances des deux systèmes, 70% des producteurs préfèrent le semi gravitaire contre 30% pour l'aspersion. Les coûts d'investissement sont respectivement estimés à 180 050 892 FCFA pour le système par aspersion et 159 658 638 FCFA pour le semi gravitaire, avec des durées de retour sur investissement de 5 et 4 ans. L'analyse comparative fondée sur des critères techniques, économiques et sociaux a permis de retenir le système semi gravitaire comme la solution la plus adaptée à l'aménagement du périmètre irrigué de Pâ.

Mots clés :

1. Aspersion,
2. Semi gravitaire,
3. Analyse technico-économique,
4. Périmètre irrigué
5. Pâ.

ABSTRACT

In a context marked by demographic growth, the effects of climate change, and the need to strengthen food security, Burkina Faso has implemented a policy of continuous agricultural production aimed at achieving three cropping seasons per year on irrigated schemes. It is within this framework that our study focuses on a comparative analysis of sprinkler and semi-Californian irrigation systems on a 13.5 ha irrigated perimeter located in Pâ, intended for the production of rice, wheat, and maize. The main objective is to compare these two irrigation systems from technical, economic, and social perspectives in order to identify the most suitable solution for the site. The methodology adopted was based on the collection and analysis of topographic data, soil data (a saturated hydraulic conductivity (Ksat) of 13.6 mm/h for a sandy loam soil and an available water capacity of 120 mm), hydrological data (a Q10 flood discharge of 64 m^3/s), the calculation of crop water requirements (the water requirements for the most critical cropping season amount to 7,933.58 m^3/ha for the sprinkler irrigation system and 9,916.97 m^3/ha for the semi-Californian system), as well as the design and sizing of both irrigation systems. The design process resulted in equipment flow rates of 2.78 L/s/ha for the sprinkler system and 3.73 L/s/ha for the semi-Californian system. The efficiencies of the sprinkler and semi-gravity systems are respectively 75% and 60%. Despite the technical performance of both systems, 70% of farmers expressed a preference for the semi-gravity system, compared with 30% for sprinkler irrigation. The investment costs are estimated at 180,050,892 CFA francs for the sprinkler system and 159,658,638 CFA francs for the semi-Californian system, with return on investment periods of 5 and 4 years, respectively. The comparative analysis based on technical, economic, and social criteria led to the selection of the semi-Californian irrigation system as the most suitable solution for the development of the Pâ irrigated perimeter.

Keywords:

1. Sprinkler irrigation,
2. Semi-gravity,
3. Technical and economic analysis,
4. Irrigated area
5. Pâ.

LISTE DES ABREVIATIONS

Abréviation	Signification
ANEVE	Agence Nationale des Évaluations Environnementales
BMP	Besoin Maximum de Pointe
Bn	Besoins nets
CIEH	Comité Interafricain d'Études Hydrauliques
Db	Dose brute
DFC	Débit Fictif Continu
DMP	Débit Maximum de Pointe
DN	Diamètre nominal
DRI	Durée de Retour sur Investissement
Dth	Diamètre théorique
Ea	Efficience d'application
EIES	Étude d'Impact Environnemental et Social
ETM	Évapotranspiration Maximale
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
HMT	Hauteur Manométrique Totale
Ig	Indice global de pente
Kc	Coefficient cultural
MAERAH	Ministère de l'Agriculture, des Ressources Animales et Halieutiques
DGREH	Direction Générale des Ressources en Eau et de l'Hydraulique
NIES	Notice d'Impact Environnemental et Social
Pan	Pluie moyenne annuelle
PEHD	Polyéthylène Haute Densité
PGES	Plan de Gestion Environnementale et Sociale
Q10	Débit décennal
RFU	Réserve Facilement Utilisable
RU	Réserve Utile
Wc	Puissance crête du panneau solaire
Zr	Profondeur d'enracinement

Table des matières

DÉDICACE i
REMERCIEMENT ii
RÉSUMÉ iii
ABSTRACT iv
LISTE DES ABREVIATIONS v
Table des matières vi
Liste des tableaux viii
Liste des figures xi
INTRODUCTION 1
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL 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 Localisation de la zone d'étude 3
I.2.2 Les caractéristiques du milieu physique 4
I.2.3 Les caractéristiques du milieu humain 7
II. OBJECTIFS DU TRAVAIL 8
II.1 Objectif global 8
II.2 Objectifs spécifiques 8
II.3 Les résultats attendus 8
III. METHODOLOGIE DE CONCEPTION 8
III.1 Matériels et logiciels 8
III.2 Méthode de l'étude 9
III.2.1 La collecte de données 9
III.2.2 Traitement des données 10
III.2.3 La conception et le dimensionnement des systèmes d'irrigation 10
IV. RESULTATS 42
IV.1 Synthèse des études de bases 42
IV.2 Conception et dimensionnement du périmètre 44
IV.2.1 Choix des cultures 44
IV.2.2 Evaluations des besoins en eau et des paramètres d'irrigation 45
IV.2.3 Résultat du dimensionnement préliminaire 46

IV.2.4 Résultats du dimensionnement final 47
IV.2.5 Etude de coût et de rentabilité financière 61
IV.3 Notice d'impact environnemental et social 64
Conclusion 65
Recommandations 66
Bibliographie 67
ANNEXE xiii

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résultats des mesures d'infiltration 42
Tableau 2 : Les caractéristiques du bassin versant de Pa 43
Tableau 3 : Les caractéristiques des cultures 44
Tableau 4 : Les besoins mensuels en eau des cultures par campagne agricole 45
Tableau 5 : Résultats du dimensionnement préliminaire 46
Tableau 6 : Les paramètres d'irrigation du semi gravitaire 47
Tableau 7 : Caractéristiques de l'asperseur 48
Tableau 8 : Résultats du dimensionnement des rampes 49
Tableau 9 : Résultats du dimensionnement des portes rampes 49
Tableau 10 : Résultats du dimensionnement des conduites tertiaires du bloc 1 49
Tableau 11 : Résultats du dimensionnement des conduites tertiaires du bloc 2 50
Tableau 12 : Résultats du dimensionnement de la conduite secondaire alimentant le bloc1 ... 51
Tableau 13 : Résultats du dimensionnement de la conduite secondaire alimentant le bloc2 ... 51
Tableau 14 : Résultats du dimensionnement de la conduite primaire 51
Tableau 15 : Caractéristiques de la conduite de refoulement 52
Tableau 16 : Caractéristiques du CS11 53
Tableau 17 : Caractéristiques du CS12 53
Tableau 18 : Caractéristiques du CS21 54
Tableau 19 : Caractéristiques du CS22 54
Tableau 20 : les caractéristiques du CP1 55
Tableau 21 : Caractéristiques du CP2 55
Tableau 22 : Les caractéristiques du bassin de dissipation alimentant le canal primaire CP1 . 56
Tableau 23 : Les caractéristiques du bassin de dissipation pour le bloc 2 56
Tableau 24 : Caractéristiques de la conduite de refoulement 57
Tableau 25 : Caractéristiques des pompes sélectionnées 57
Tableau 26 : notes de calcul pour le dimensionnement des panneaux solaires pour le système par aspersion 58
Tableau 27 : Résultats du dimensionnement de l'onduleur pour le système par aspersion 58
Tableau 28 : Résultats du dimensionnement des panneaux solaires pour le système semi gravitaire 59
Tableau 29 : Résultats du dimensionnement de l'onduleur pour le système semi gravitaire ... 59
Tableau 30 : Le calendrier cultural 60
Tableau 31 : Récapitulatif du dimensionnement des drains 60
Tableau 32 : Résultats du coût d'investissement et la DRI 61
Tableau 33 : analyse comparative des deux systèmes d'irrigation 63
Tableau 34 : les valeurs de pluie utilisées dans l'étude xiv
Tableau 35 : Les valeurs de l'évapotranspiration potentielle (ETP) xv
Tableau 36 : Valeurs de l'ajustement des pluies maximales journalières en fonction de la période de retour (ajustement de Gumbel) xvi
Tableau 37 : Valeurs de l'ajustement des pluies annuelles en fonction des fréquences de non dépassement xviii
Tableau 38 : Les superficies cumulées en fonction des classes d'altitude xxi

Tableau 39 : Les altitudes caractéristiques xxii
Tableau 40 : Les valeurs des pentes transversales xxiii
Tableau 41 : Les caractéristiques du réseau hydrographique xxiv
Tableau 42 : Paramètres de détermination de Kr70 pour la zone tropicale sèche xxv
Tableau 43 : Paramètres de détermination de Kr100 pour la zone tropicale sèche xxvi
Tableau 44 : Les paramètres pour la détermination du débit de crue avec Orstom xxvii
Tableau 45 : Les paramètres pour la détermination du débit de crue avec CIEH xxvii
Tableau 46 : Les valeurs de Ksat xxix
Tableau 47 : Evaluation de la disponibilité de la ressource en eau xxxi
Tableau 48 : calcul de la HMT pour le système par aspersion xxxiv
Tableau 49 : calcul de la HMT pour le système sémi-californien xxxiv
Tableau 50 : Caractéristiques des pompes retenues xxxv
Tableau 51 : Dimensionnement de la conduite de refoulement pour le système aspersion xxxvi
Tableau 52 : Dimensionnement de la conduite de refoulement pour le système semi gravitaire xxxvi
Tableau 53 : Les caractéristiques de la conduite de refoulement pour chaque système xxxvii
Tableau 54 : Vérification du coup de bélier xxxix
Tableau 55 : Résultats du dimensionnement du système de pompage solaire pour l'irrigation par aspersion xl
Tableau 56 : Caractéristiques de l'onduleur pour le système d'irrigation par aspersion xl
Tableau 57 : Résultats du dimensionnement du système de pompage solaire pour le semi gravitaire xli
Tableau 58 Caractéristiques de l'onduleur xlii
Tableau 59 : Les besoins en eau du riz pour la première campagne xliii
Tableau 60 : Les besoins en eau du riz pour la deuxième campagne xliii
Tableau 61 : Les besoins en eau du riz pour la troisième campagne xliv
Tableau 62 : Les paramètres du dimensionnement préliminaire du système par aspersion .. xliv
Tableau 63 : Les besoins en eau du riz pour la première campagne xlv
Tableau 64 : Les besoins en eau du riz pour la deuxième campagne xlvi
Tableau 65 : Les besoins en eau du riz pour la troisième campagne xlvii
Tableau 66 : Dimensionnement préliminaire du système d'irrigation semi gravitaire xlvii
Tableau 67 : les caractéristiques de l'asperseur choisi xlix
Tableau 68 : Les coefficients de Calmon Lechat l
Tableau 69 : Dimensionnement des rampes l
Tableau 70 : Notes de calcul pour le dimensionnement des portes rampes li
Tableau 71 : Notes de calcul pour le dimensionnement des conduites tertiaires lii
Tableau 72 : Notes de calcul pour le dimensionnement des conduites tertiaires liii
Tableau 73Notes de calcul pour la conduite secondaire alimentant le bloc 1 liii
Tableau 74 : Notes de calcul pour la conduite secondaire alimentant le bloc 2 liv
Tableau 75 : Notes de calcul pour le dimensionnement de la conduite primaire liv
Tableau 76 : Résultats du calage du CS11 li
Tableau 77 : Résultats du calage du CS12 lv
Tableau 78 : Résultats du calage du CS21 lx

Tableau 79 : Résultats du calage du CS22 lxv
Tableau 80 : Résultats du calage du CP1 lxx
Tableau 81 : Résultats du calage du CP1 lxxiii
Tableau 82 Tableau d'évaluation des impacts lxxxii
Tableau 83 : Evaluation de l'importance des impacts du projet lxxxvi
Tableau 84: Evaluation de l'importance des impacts du projet durant phase préparatoire lxxxvii
Tableau 85: Evaluation de l'importance des impacts du projet durant phase d'exécution des travaux lxxxviii
Tableau 86: Evaluation de l'importance des impacts du projet durant phase d'exploitation lxxxix
Tableau 87 : Le coût d'investissement du système par aspersion xciv
Tableau 88 : Le coût d'investissement du système par aspersion xcvii
Tableau 89 : Les charges d'exploitation du riz cii
Tableau 90 : Les charges d'exploitation du blé ciii
Tableau 91 : Les charges d'exploitation du maïs civ
Tableau 92 : Les charges d'exploitation du riz cv
Tableau 93 : Les charges d'exploitation du blé cvi
Tableau 94 : Les charges d'exploitation du maïs cvii

Liste des figures

Figure 1 : Organigramme de la DGADI 2
Figure 2 : localisation du site 4
Figure 3 : Carte des reliefs 5
Figure 4 : Les combinaisons culturales proposées par le MAERAH 44
Figure 5 : Évolution des besoins mensuels en fonction de chaque système d'irrigation 46
Figure 6 : Ajustement des pluies maximales journalières avec la loi de Gumbel xvii
Figure 7 : Ajustement des pluies maximales annuelles avec la loi normale xix
Figure 8 : Bassin versant du barrage de Pa xix
Figure 9 : la courbe hypsométrique du bassin versant xxi
Figure 10 : Les caractéristiques du sols obtenus avec SPAW xxx
Figure 11 : Débits mensuels du barrage xxxii
Figure 12 : Données techniques de l'asperseur xlix
Figure 13 : Représentation graphique de l'évolution du plan d'eau, du fond radier du canal, des contraintes hydrauliques et du terrain naturel pour le calage du CS11 liv
Figure 14 : Représentation graphique de l'évolution du plan d'eau, du fond radier du canal, des contraintes hydrauliques et du terrain naturel pour le calage du CS12 lix
Figure 15 : Représentation graphique de l'évolution du plan d'eau, du fond radier du canal, des contraintes hydrauliques et du terrain naturel pour le calage du CS21 lxiv
Figure 16 : Représentation graphique de l'évolution du plan d'eau, du fond radier du canal, des contraintes hydrauliques et du terrain naturel pour le calage du CS22 lxix
Figure 17 : Représentation graphique de l'évolution du plan d'eau, du fond radier du canal, des contraintes hydrauliques et du terrain naturel pour le calage du CP1 lxxii
Figure 18 : Représentation graphique de l'évolution du plan d'eau, du fond radier du canal, des contraintes hydrauliques et du terrain naturel pour le calage du CP2 lxxvi
Figure 19 : Plan de masse du périmètre xciv
Figure 20 : Plan de masse du système semi gravitaire xcv
Figure 21 : Plan de masse du système semi gravitaire xcvi

INTRODUCTION

À l'échelle mondiale, la croissance démographique et les effets du changement climatique exercent une pression croissante sur les systèmes agricoles, fragilisant la sécurité alimentaire de nombreux pays. La FAO estime qu'à l'horizon 2050, l'agriculture devra accroître son niveau de production de près de 50 % par rapport à 2012, l'Afrique subsaharienne devant plus que doubler sa production pour répondre à la demande (FAO, 2017). Le Burkina Faso, pays enclavé situé au cœur de l'Afrique de l'Ouest, n'échappe pas à cette réalité. Selon l'Institut National de la Statistique et de la Démographie (INSD), la population active burkinabè était agricole à hauteur de 82 % en 2012, et l'agriculture, malgré sa forte dépendance à la saison des pluies, a contribué à hauteur de 18,7 % au Produit Intérieur Brut national en 2022. Pour les autorités burkinabè, la maîtrise de l'eau pour la production agricole demeure le défi central sur la voie de l'autosuffisance alimentaire. C'est dans cette perspective que le Gouvernement du Burkina Faso a lancé l'Offensive agro-sylvo-pastorale et halieutique (2023-2025), une initiative visant l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire du pays, notamment à travers l'intensification des périmètres irrigués. Dans ce cadre, le Ministère en charge de l'Agriculture, de l'Eau, des Ressources Animales et Halieutiques (MAERAH) a instauré une politique de production en continu, visant à réaliser jusqu'à trois campagnes agricoles par an sur les périmètres irrigués, afin d'accroître durablement la production céréalière.

C'est dans cette optique que s'inscrit le projet d'extension du périmètre irrigué de Pâ, d'une superficie de 13,5 hectares, situé dans la commune de Pâ, province des Balé. Cette étude a été conduite au sein de la Direction Générale des Aménagements et du Développement de l'Irrigation (DGADI), structure en charge de l'appui à la conception et à la mise en œuvre des aménagements hydro-agricoles au Burkina Faso.

Dans la suite de nos travaux, nous nous intéressons à la conduite de cette étude dont la problématique centrale est de déterminer, entre le système d'irrigation par aspersion, qui fonctionne intégralement sous pression, et le système semi gravitaire, à distribution gravitaire après refoulement, l'option technique et économique la plus adaptée à l'extension du périmètre irrigué de Pâ.

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

I.1 Présentation de la structure d'accueil

Dans le cadre de la présente étude, nous avons été accueillis au sein de la Direction Générale des Aménagements Agro-Pastoraux Et du Développement de L'irrigation (DGADI). Rattachée au Ministère de l'Agriculture, de l'Eau, des Ressources Animales et Halieutiques (MAERAH), la DGADI a pour mission de concevoir, coordonner et de mettre en œuvre les politiques nationales en matière d'aménagements hydro-agricoles et du développement de l'irrigation. La DGADI est organisée en plusieurs sous directions et services dont la structure est illustrée dans l'organigramme ci-dessous.

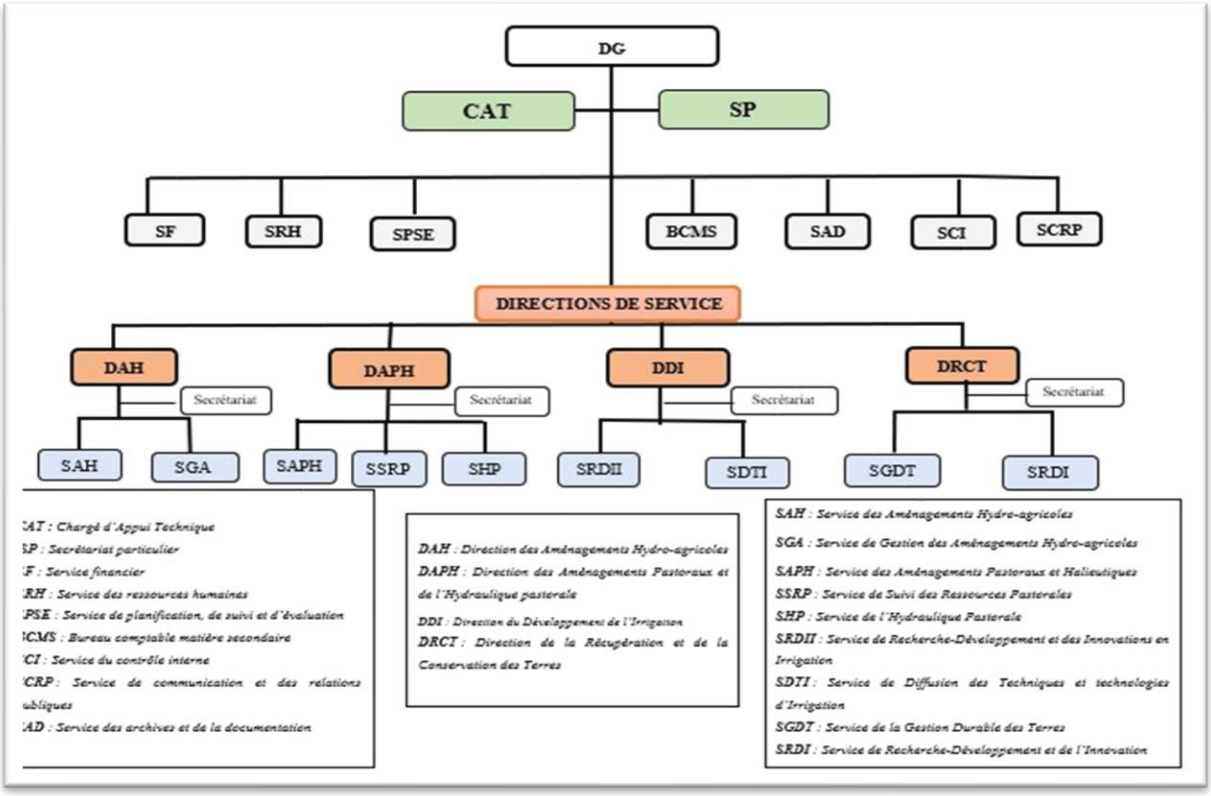


Figure 1 : Organigramme de la DGADI

I.2 Présentation de la zone d'étude

I.2.1 Localisation de la zone d'étude

Le périmètre irrigué de Pâ est situé dans la commune de Pâ, dans la province des Balé, région de Bankui au Burkina Faso. Le site est localisé par les coordonnées géographiques suivantes : X=30P 472135,250 et Y=1270156,380.

La commune de Pâ est limitée à l'Est par la commune de Boromo, au Nord par la commune de Bagassi, au Sud par de Fouzan et à l'Ouest par la commune de Boni.

Depuis Ouagadougou, l'accès au site se fait en empruntant la RN1 sur 221 km jusqu'à Pâ. À partir de Dédougou, l'accès au site se fait en empruntant l'axe Dédougou-Safané, Safané-Boromo- Pâ, sur 154 km. A Safané, on bifurque à droite pour emprunter la route régionale R29 en passant par Boromo pour rejoindre la RN14 sur environ 100 km.

La commune de Pâ est limitée à l'Est par la commune de Boromo, au Nord par la commune de Bagassi, au Sud par de Fouzan et à l'Ouest par la commune de Boni.

Depuis Ouagadougou, l'accès au site se fait en empruntant la RN1 sur 221 km jusqu'à Pâ. À partir de Dédougou, l'accès au site se fait en empruntant l'axe Dédougou-Safané, Safané-Boromo- Pâ, sur 154 km. A Safané, on bifurque à droite pour emprunter la route régionale R29 en passant par Boromo, pour rejoindre la RN14 sur environ 100 km. À partir de Boromo, on rejoint Pâ sur 55km .Pâ est donc situé à environ 154 km de Dédougou (PCD_Pa) .

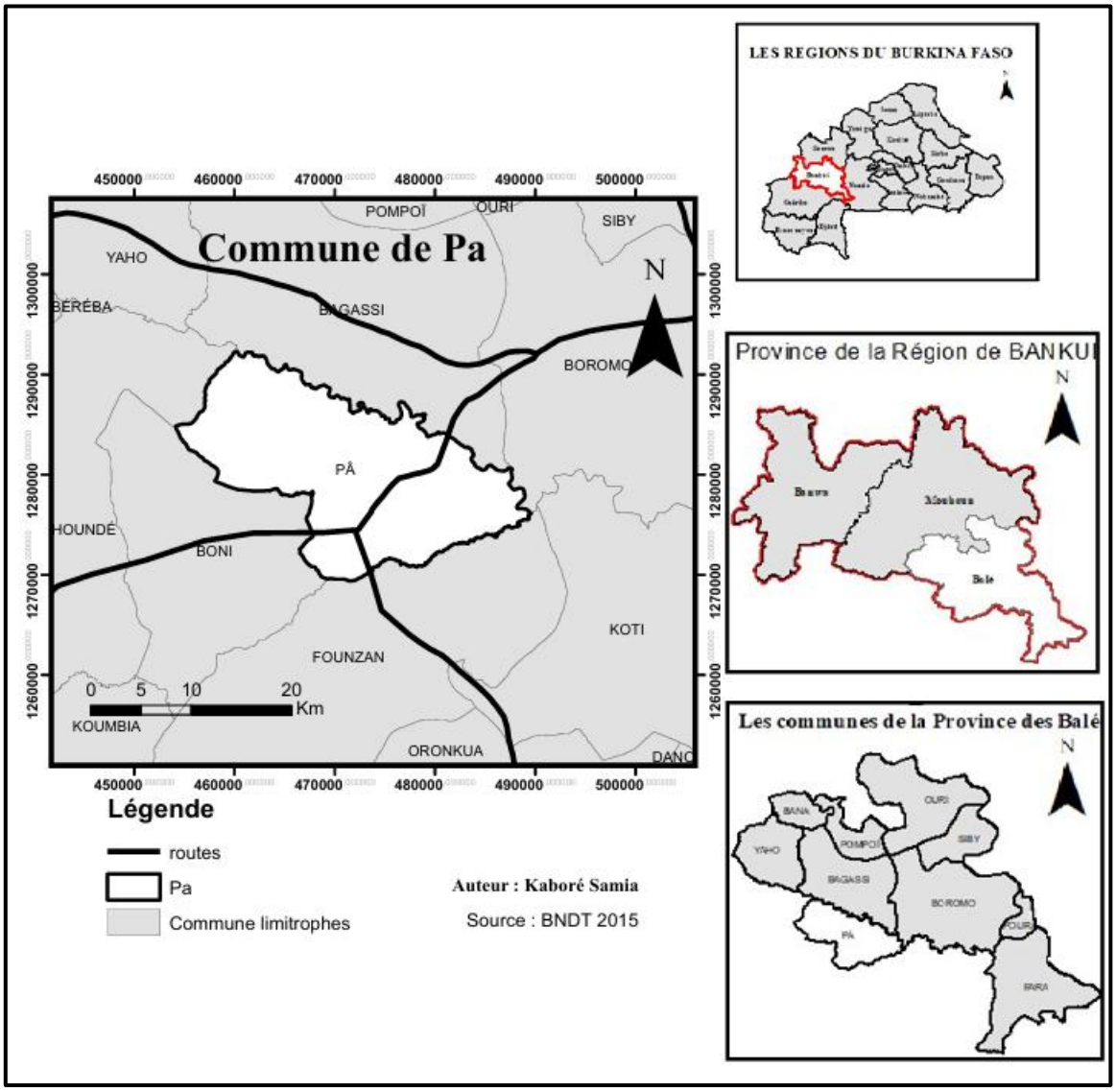


Figure 2 : localisation du site

I.2.2 Les caractéristiques du milieu physique

- **Le relief**

La commune de Pâ est située dans une immense pénéplaine avec un relief caractérisé par la présence de chaînes de collines issues du complexe volcano-sédimentaire birrimien dans la partie Nord, et de bas-fonds. À l'Ouest, le relief est marqué par des escarpements avec des chaînes de collines qui drainent les eaux vers la mare « Yaho ». En somme, les collines qui ne sont pas toujours aptes à la conduite des activités de production agricole peuvent être aménagées pour servir de zones de pâturage, surtout en saison pluvieuse. Ce qui contribue à réduire les conflits entre les éleveurs et les agriculteurs dans ce contexte de réduction des terres utiles à

cause de la dégradation des conditions climatiques. L'état du relief marqué par les escarpements avec des chaînes de collines constitue une potentialité en bassins versants. La commune dispose ainsi de potentialités en bas-fonds aménageables, dont l'aménagement contribuera à la promotion de l'économie locale de la commune.

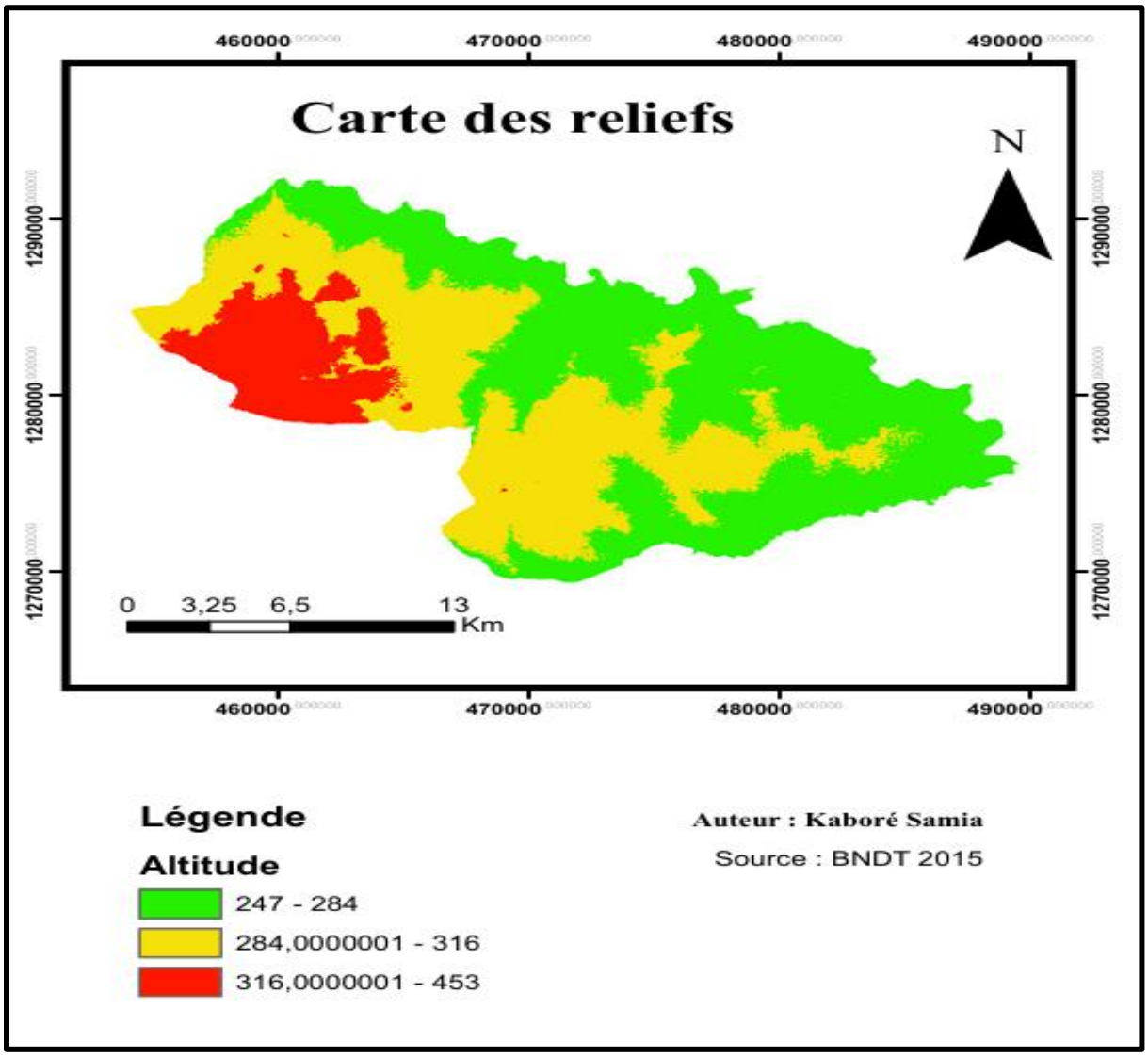


Figure 3 : Carte des reliefs

- **Climat et pluviométrie**

La commune de Pâ est soumise à un climat soudano-sahélien caractérisé par l'alternance de deux saisons. Une longue saison sèche de novembre à mai dominée par l'harmattan et une courte saison pluvieuse de juin à octobre marquée par l'influence de la mousson. La hauteur

moyenne des précipitations est de 1023 mm. Cependant, les précipitations présentent d'importantes variations d'une année à l'autre ainsi qu'une mauvaise répartition dans le temps. Malgré ces contraintes, la commune de Pâ dispose de conditions climatiques favorables au développement des activités agricoles grâce à un niveau de précipitation globalement satisfaisant.

- **Hydrographie**

Le réseau hydrographique de la commune de Pâ s'inscrit dans le bassin versant du fleuve Mouhoun. De densité faible, il est majoritairement composé de cours d'eau à régime intermittent. Le Tuy, principal cours d'eau de la commune et affluent du Mouhoun, borde le territoire dans sa partie nord et reçoit les eaux de plusieurs affluents qui alimentent de petits bas-fonds villageois, dont la mare de « Yaho ». Ce réseau constitue un potentiel hydrique non négligeable pour le développement des activités agro-sylvo-pastorales et la valorisation des bas-fonds.

- **Sols**

Les formations ferrugineuses et gréseuses occupent la quasi-totalité de l'espace communal, avec des présences localisées de sols argileux et sablonneux. On distingue cinq types de sols : les sols remaniés, prédominants et s'étendant d'ouest en est sur toute la partie sud ; les sols peu humifères à pseudogley, localisés le long de la frontière nord, à faible valeur agronomique ; les sols d'érosion, concentrés à l'ouest où le relief est escarpé ; les sols hydromorphes, les plus fertiles, présents dans les bas-fonds de Didié, Kopoï et Voho ; et enfin les sols lessivés, faiblement représentés à l'extrême ouest.

- **Végétation**

La végétation de la commune de Pâ est dominée par des savanes arborées et arbustives, composées d'espèces ligneuses et de graminées annuelles, intégrées à des systèmes agroforestiers traditionnels. La strate herbacée est constituée principalement de la paille de brousse, de l'herbe à éléphant (paille à balai), du *souna* et du riz sauvage, particulièrement présents dans les zones humides comme les bas-fonds et les abords des cours d'eau. Les plans d'eau sont souvent envahis par les nénuphars en saison pluvieuse.

La commune dispose également de forêts classées, notamment celles de Pâ, de Tuy et des Deux Balé.

- **Faune**

La faune de la commune de Pâ est en régression en raison du braconnage et de la dégradation du couvert végétal. Elle reste toutefois diversifiée, avec une faune aviaire importante et la présence de certains mammifères tels que le singe, le lièvre, l'écureuil, l'ourébi et l'hippotrague. Certaines espèces comme l'éléphant de savane, le cobe de Buffon, le chien sauvage et le phacochère sont en voie de disparition. La faune aquatique est également présente dans le barrage de Pâ, les Grands Balé et la mare de Didié, avec des espèces telles que les silures, les carpes, les capitaines ainsi que des espèces protégées comme les crocodiles et les varans du Nil.

I.2.3 Les caractéristiques du milieu humain

- **Démographie de Pâ**

Selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) de 2019, la commune de Pâ comptait une population de 31 218 habitants, dont 16 246 femmes, représentant 52 % de la population totale. La densité de population était estimée à 76 habitants/km². Par rapport aux données antérieures, cette évolution traduit une croissance démographique notable d'environ 58 %, témoignant d'une dynamique d'occupation du territoire en constante progression. Cette croissance s'est également traduite par une augmentation de la densité de peuplement, passée de 48 à 76 habitants/km².

- **Groupes ethniques et langues parlées**

Sur le plan ethnique, la commune de Pâ présente une composition diversifiée. Selon les résultats de l'Enquête sur les Conditions de Vie des Ménages (ECVM, 2003), les **Bwaba** constituent le groupe ethnique majoritaire, suivis des **Mossé** qui représentent. Les autres groupes ethniques, moins représentés, comprennent par ordre décroissant les Gourounsis, les Dafing, les Peuls, les Bissa, les Dagara, les Dioulas et les Gourmantchés. Cette diversité ethnique fait de la commune un espace de brassage culturel et linguistique.

II. OBJECTIFS DU TRAVAIL

II.1 Objectif global

L'objectif global de notre étude est de contribuer à l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire au Burkina Faso à travers la réalisation de périmètres irrigués.

II.2 Objectifs spécifiques

De façon spécifique, il s'agira de :

- Réaliser les études de base (topographie, hydrologie et pédologique) ;
- Concevoir et dimensionner le système d'irrigation semi gravitaire et le système d'irrigation par aspersion ;
- Évaluer la rentabilité économique de chaque système ;
- Comparer les deux systèmes d'irrigation et choisir la variante la plus adaptée.
- Réaliser une notice d'impact environnemental et social du projet.

II.3 Les résultats attendus

- Les études de base sont réalisées
- Le système d'irrigation par aspersion et le système semi gravitaire sont conçus et dimensionnés
- La rentabilité économique du système d'irrigation par aspersion et du système semi gravitaire est évaluée ;
- Les deux systèmes sont comparés et le système le plus adapté est retenu ;
- Une notice d'impact environnemental sera réalisée.

III. METHODOLOGIE DE CONCEPTION

III.1 Matériels et logiciels

- Les matériels utilisés pour cette étude comprennent entre autres :
- **Un infiltromètre double anneau** ;
- **Une règle ;**
- **Un chronomètre ;**
- **Un niveau**.

- Les logiciels utilisés pour cette étude comprennent entre autres :
- **ArcGIS 10.4** pour la délimitation du bassin versant, la détermination des caractéristiques morphométriques et la cartographie ;
- **Google Earth** pour la localisation de la zone d'étude ;
- **Hyfran** pour l'ajustement statistique des données ;
- **AutoCad** pour l'exploitation des données topographiques et l'élaboration des plans d'aménagement ;
- **Excel** pour le calcul du dimensionnement des systèmes d'irrigation et les autres calculs liés à notre étude ;
- **Word** pour la rédaction du document.
- **Zotero** pour les références bibliographiques

III.2 Méthode de l'étude

La qualité et la pertinence des résultats d'une étude reposent sur une méthodologie appropriée et structurée. Pour mener à bien notre étude, nous avons opté pour une méthodologie qui s'articule autour de quatre points essentiels, à savoir : la collecte de données, le traitement des données, la conception et le dimensionnement des systèmes d'irrigation et la rédaction du mémoire.

III.2.1 La collecte de données

- **Revue documentaire**

La revue documentaire a porté essentiellement sur l'exploitation de divers documents en rapport avec notre zone d'étude et les systèmes d'irrigation. Il s'agit :

- Des mémoires antérieurs soutenus à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2IE) ;
- Des documents techniques disponibles à la Direction Générale des Aménagements Agro-pastoraux et du Développement de l'Irrigation (DGADI) ;
- Les politiques et normes nationales en matière d'aménagement hydro-agricole ;

- **Visite terrain**

La visite terrain nous a permis de reconnaitre le site et de réaliser les mesures d'infiltration à l'aide de la méthode du double anneau afin de déterminer les caractéristiques réelles du sol. Nous avons également mené des enquêtes avec les populations locales afin de recueillir leurs avis sur les systèmes d'irrigation étudiés.

III.2.2 **Traitement des données**

Le traitement des données consiste à analyser et exploiter les données collectées en vue de réaliser les études de base nécessaires à la conception du périmètre. Les données utilisées sont les suivantes :

- Les données topographiques ;
- Les données pédologiques ;
- Les données pluviométriques.

III.2.3 La conception et le dimensionnement des systèmes d'irrigation

III.2.3.1 Les études de base

Les différentes études de base suivantes ont été réalisées :

1. **L'étude topographique**

Les levés topographiques ont été réalisés sur l'ensemble de la superficie du périmètre et ont fait l'objet d'un géo-traitement. Ce traitement nous a permis d'élaborer les plans de masse et les plans d'aménagement en fonction de chaque système.

2. **L'étude pédologique**

Les mesures d'infiltration ont été réalisées par la méthode des doubles anneaux de Muntz. L'essai consiste à disposer les deux anneaux de façon concentrique sur le sol puis à les enfoncer de 5 cm dans le sol. Après les avoir enfoncés, les deux anneaux sont remplis d'eau et la hauteur d'eau infiltrée dans l'anneau intérieur est mesurée à des intervalles de temps de 10, 20 ,30 et 40 min. Chaque palier est répété 3 fois jusqu'à atteindre la saturation.

Les données obtenues ont été traitées avec le logiciel Minitab à l'aide de l'équation de régression linéaire, dans le but de déterminer la conductivité hydraulique Ksat. La valeur de Ksat obtenue a été introduite dans le logiciel Spaw pour déterminer les caractéristiques du sol, à savoir la capacité au champ, le point de flétrissement permanent, qui permettent de calculer la réserve utile du sol.

3. Etude hydrologique

L'étude hydrologique a été réalisée dans le but de délimiter le bassin versant, d'estimer le débit qui arrive à l'exutoire et de dimensionner les ouvrages d'assainissement.

❖ Délimitation du bassin versant

Le bassin versant du barrage de Pa a été délimité grâce au logiciel ArcGIS 10.4. La délimitation a été réalisée à partir du modèle numérique de terrain (MNT) obtenu sur la plateforme OpenTopography et des coordonnées de l'exutoire 3°14'33,701''W-11°29'26,434''N.

➢ Caractéristiques du bassin versant

Les caractéristiques du bassin versant ont été obtenues avec ArcGIS et calculées sur Excel.

- **La superficie et le périmètre** du bassin versant ont été obtenus avec ArcGIS après la délimitation du bassin versant
-
- **Indice de forme ou indice de compacité de Gravelius (Kg)**

Il correspond au rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de même superficie (Triboulet *et al.*, 1996). Il est donné par la formule suivante :

$$Kg = \frac{0,28 \times P}{\sqrt{S}}$$

Avec :

P(km) : Le périmètre du bassin versant en km

S(km) : La surface du bassin versant en km2

- **Longueur du rectangle équivalent**

Le rectangle équivalent est un rectangle qui a la même superficie, le même indice de compacité et la même distribution hypsométrique que le bassin versant (Triboulet et al., 1996). Sa longueur est donnée par l'expression :

$$L = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16S}}{4}$$

Avec :

P : Le périmètre du bassin versant en km

S : La surface du bassin versant en km2

- **Les altitudes caractéristiques**

Il s'agit de l'altitude maximale, l'altitude minimale, l'altitude correspondant à 5% (H5%) du bassin versant et l'altitude correspondant à 95% (H95%) du bassin versant. H5% et H95% sont déterminées grâce à la courbe hypsométrique qui est la répartition de la surface du bassin en fonction de son altitude. L'altitude maximale et l'altitude minimale sont déterminées avec ArcGIS à partir du MNT.

- **Indice global de pente (Ig)**

L'indice global de pente est un indice caractérisant le relief d'un bassin. Il est donné par la formule suivante (Triboulet *et al.*, 1996). Il est donné par la formule suivante :

$$Ig = \frac{D}{L}$$

Ig(m/km) : L'indice global de pente

D(m) : la différence entre l'altitude à 5%(H5%) et l'altitude à 95% (H95%)

L(km) : La longueur du rectangle équivalent

Lorsque les pentes transversales sont trop différentes de l'indice global de pente, on calcul l'indice de pente corrigé (Igcorr)

- **Indice de pente corrigé**

L'indice de pente corrigé représente la pente globale du bassin versant en prenant en compte les pentes transversales

$$\boldsymbol{Igcorr = \frac{(n-1) \times Ig + It}{n}}$$

Avec :

Ig(m/km) : l'indice global de pente

It(m/km) : La pente transversale. Elle est déterminée en faisant la moyenne de 4 à 6 pentes transversales calculées en prenant la ligne de plus grande pente des versants.

n est un coefficient qui dépend de la longueur du rectangle équivalent Les différentes valeurs de n sont les suivantes :

n=2 pour L< 5km

n=3 pour 5km< L <25km

n=4 pour 25km< L <50km

n=5 pour L>50km

- **Dénivelée spécifique**

La dénivelée spécifique est le produit de l'indice global de pente par la racine carrée de la superficie du bassin.

$$\boldsymbol{Ds = Ig \times \sqrt{S}}$$

Avec :

Ds(m) : La dénivelée spécifique

Ig(m/km) : l'indice global de pente

S(km2) : La superficie du bassin versant

Les différentes classes de relief en fonction de la densité spécifique sont les suivantes :

Relief faible : Ds< $50m$

Relief modéré 50m< $Ds < 100m$

Relief fort : $Ds > 100m$

- **Caractéristiques du réseau hydrographique**

- **La longueur totale des cours d'eau**

La longueur totale des cours d'eau du bassin versant représente la somme de tous les cours d'eau du bassin versant. Elle a été obtenue avec ArcGIS.

- **La longueur du cours d'eau principal**

Elle représente la longueur du cours d'eau le plus long du bassin versant. Elle a été obtenue avec ArcGIS.

- **Densité de drainage**

La densité de drainage est la longueur totale du réseau hydrographique par unité de surface du bassin versant

$$\boldsymbol{Dd = \frac{\sum Li}{S}}$$

Avec :

Dd(km/km2) : La densité de drainage

Li(km) : La longueur totale de tous les cours d'eau

S(km2) : La superficie du bassin versant

- **Analyse fréquentielle**

L'analyse fréquentielle est une méthode statistique de prédiction utilisée en hydrologie pour estimer la fréquence d'apparition des événements hydrologiques extrêmes tels que la pluie, les crues ou les étiages. Dans le cadre de notre étude, l'analyse fréquentielle a été réalisée avec le logiciel HYFRAN, qui, après introduction d'une série de données pluviométriques de 43 ans allant de 1980 à 2022, a généré les différentes hauteurs de pluies correspondant au temps de retour.

- **Station climatique de référence**

Les données de la station synoptique de Boromo ont été retenues pour l'analyse statistique en raison de sa proximité de notre zone d'étude.

- **Les lois d'ajustements utilisées**

Dans la suite de notre étude, nous avons besoin principalement de la pluie annuelle et de la pluie maximale journalière. Nous avons donc choisi les lois en fonction des besoins de notre étude. Les paramètres de ces lois ont été estimés par la méthode du maximum de vraisemblance.

La loi normale sera utilisée pour l'ajustement de la pluviométrie annuelle et la loi de Gumbel sera utilisée pour l'ajustement de la pluviométrie maximale journalière.

❖ Détermination du débit de crue

Il existe plusieurs méthodes de détermination du débit de crues qui dépendent de la superficie du bassin versant et de la disponibilité des données disponibles. Dans le cadre de notre étude, les méthodes ORSTOM et CIEH ont été retenues car elles font partie des méthodes les plus utilisées en Afrique de l'Ouest.

- **Méthode ORSTOM**

La méthode ORSTOM est une méthode hydrologique empirique de prédétermination des débits des crues pour différentes périodes de retour, principalement en Afrique de l'ouest, en se basant sur des données hydrologiques et des caractéristiques du bassin versant.

$$\boldsymbol{Qr10 = A \times P_{10} \times K_{r10} \times \alpha_{10} \times \frac{S}{T_{b10}}}$$

$\boldsymbol{Qr10}$**(m3/s)** : le débit décennal en (m3/s)

$\boldsymbol{P_{10}(mm)}$: la hauteur de pluie journalière décennale

$\boldsymbol{K_{r10}}(\%)$: le coefficient de ruissellement correspondant a la crue décennale

$\boldsymbol{\alpha_{10}}$: le coefficient de pointe correspondant a la crue décennale

A : le coefficient d'abattement

$\boldsymbol{T_{b10}(mn)}$: le temps de base correspondant a la crue décennale

- **Méthode CIEH**

La méthode CIEH est une méthode statistique proposée par Puech et Chabi-Gonni en 1983 et basée sur 162 bassins versants. La formule du débit de pointe Q10 est la suivante :

$$Q_{10} = a \times S^S \times Pan^P \times Ig^i \times Kr10^k \times Dd^d$$

Avec :

a, s, p,i, k, d des coefficients à déterminer et

S(km2) : la superficie du bassin versant

Ig(m/km) : l'indice global de pente

Pan(mm) : la pluie moyenne annuelle

Kr10(%) : le coefficient de ruissellement décennal

Dd(km^{-1}) :la densité de drainage

III.2.3.2 Choix des cultures et caractéristiques des cultures

- **Choix des cultures**

En vue d'atteindre l'autosuffisance alimentaire au Burkina Faso, le MAERAH a adopté une nouvelle réforme qui vise la production en continu sur les périmètres irrigués. La production en continu est une politique qui vise 3 campagnes agricoles par an et recommande principalement la production de cultures céréalières. Les cultures seront choisies conformément au calendrier cultural imposé par le MAERAH.

- **Les caractéristiques des cultures**

- **Le coefficient cultural Kc** : le coefficient cultural est un facteur permettant de déterminer l'évapotranspiration de la plante. Il varie en fonction des différents stades de croissance de la plante (FAO 56).
- **La profondeur d'enracinement (Zr)** : la profondeur racinaire est la profondeur atteinte par les racines de la plante dans le sol. Elle varie selon la culture et le stade de développement.
- **La durée de chaque phase de croissance** : elle permet d'adapter les apports en eau en fonction des besoins de chaque stade de croissance de la plante.

III.2.3.3 Le découpage parcellaire

Pour le découpage parcellaire, nous avons opté pour des parcelles de forme carrée de 0,25 hectare chacune, soit un total de 48 parcelles. Le choix de cette superficie a été motivé par les recommandations de la FAO car des parcelles de cette taille sont facilement exploitables par un seul irriguant et facilitent la distribution de l'eau sur le périmètre. Toutefois, certaines parcelles situées en bordure du périmètre auront une superficie supérieure ou inférieure à la superficie choisie en raison de la forme irrégulière du périmètre. Les parcelles occuperont une superficie nette de 12,15 hectares sur les 13,5 hectares prévus. La superficie restante sera dédiée à la mise en place d'un réseau de drainage et de circulation afin d'évacuer les eaux excédentaires et de faciliter les déplacements.

III.2.3.4 Calcul des besoins en eau

- **Calcul du coefficient cultural des cultures (kc)**

Le coefficient cultural du mois considéré est déterminé en fonction du nombre de jours et du kc du stade de croissance de la plante. Il est obtenu par la formule suivante :

$$\boldsymbol{Kc = \frac{Kc_i \times N_i + Kc_j \times N_j}{N}}$$

- **Calcul de l'évapotranspiration maximale (ETM)**

Elle correspond aux besoins réels de la plante. Elle est obtenue par la formule suivante :

$$\boldsymbol{ETM(mm) = Kc \times ET_0}$$

Avec :

Kc : le coefficient cultural du mois considéré

$\boldsymbol{ET_0}$**(mm)** : L'évapotranspiration de référence

- **Les besoins nets (Bn)**

Les besoins nets correspondent à la quantité d'eau qu'il faut apporter sur la parcelle pour la mettre à la disposition de la plante.

$$\boldsymbol{Bn = ETM - P_e}$$

Avec :

Bn(mm) : Les besoins nets

ETM (mm) : L'évapotranspiration maximale

***Pe*(mm)** :la pluie efficace

La pluie efficace est considérée comme la fraction de la pluie réellement disponible pour les cultures (FAO 2008). Elle sera calculée comme suit

Si P< $75mm$ alors $P_e = 0,6 \times P$

Si P> $75mm$ alors $P_e = 0,8 \times P$

- **Les besoins bruts**

Les besoins bruts correspondent à la quantité d'eau qu'il faut réellement mobiliser pour satisfaire les besoins nets des cultures, en tenant compte des pertes liées au transport de l'eau depuis la source jusqu'à la plante. Ces pertes dépendent du système d'irrigation et sont communément appelées efficience d'application. Ils sont calculés avec la formule suivante :

$$Bb(mm) = \frac{Bn}{Ea}$$

Avec :

Bn(mm) : les besoins nets

Ea : l'efficience d'application

L'efficience d'application sera de 75% pour le système d'irrigation par aspersion et 60% pour le système d'irrigation semi gravitaire (FAO 2008).

III.2.3.5 Dimensionnement préliminaire du réseau

- **Le débit fictif continu (DFC)**

Le débit fictif continu est le débit avec lequel il faut apporter les besoins en eau (d'une journée, d'une décade ou d'un mois) de manière continue. C'est le débit que devrait transporter le réseau s'il fonctionnait 24h/24, tous les jours au pas de temps considéré.

$$DFC\ (l/s/ha) = \frac{Bb \times 1000}{Nj \times 24 \times 3600}$$

Bb (m3/ha) : les besoins bruts

Nj : le nombre de jours de la période du mois considéré

- **Le débit maximum de pointe (DMP)**

Le débit maximum de pointe est le débit effectif qu'il est nécessaire d'introduire dans le réseau pour pouvoir combler le déficit en eau durant la période de pointe.

$$\boldsymbol{DMP\ (l/s/ha)\ = \frac{Bb \times 1000}{Nj \times Nh \times 3600}}$$

Avec :

DMP : le débit maximum de pointe

Bb (m3/ha) : les besoins bruts

Nj (jours) : le nombre de jours d'irrigation dans le mois

Nh (h) : le nombre d'heures d'irrigation par jour

Notre source d'énergie étant uniquement solaire, le temps d'irrigation journalier sera de 8h en raison de la durée d'ensoleillement de notre zone d'étude (Référentiel d'aménagements PI T3).

- **Le besoin maximum de pointe (BMP)**

Le besoin maximum de pointe est la quantité d'eau journalière maximale à apporter à la culture. Il est obtenu en déduisant de l'ETM journalier du jour de pointe, la pluie efficace.

$$\boldsymbol{BMP}\textbf{(mm/j)} = \boldsymbol{ETM_{pointe} - P_e}$$

Avec :

$\boldsymbol{ETM_{pointe}}$**(mm/j)** : l'évapotranspiration maximale du jour de pointe

$\boldsymbol{P_e}$**(mm)** : la pluie efficace

- **La Réserve Facilement Utilisable RFU**

La Réserve Facilement Utilisable (RFU) est la partie de la réserve utile (RU) que la plante peut extraire sans subir de stress hydrique. C'est également la quantité d'eau à apporter au sol pour compenser celle puisée dans le sol par la plante lors de l'évapotranspiration.

$$\boldsymbol{RFU\ (mm)} = \mathbf{Zr} \times \boldsymbol{P} \times (\theta_{\boldsymbol{FC}} - \theta_{\boldsymbol{WP}})$$

Avec : **RFU (mm)** : la réserve facilement utilisable

Zr(mm) : profondeur d'enracinement

P : le facteur de tarissement

$\theta_{\boldsymbol{FC}}(\%)$: humidité à la capacité au champ

$\theta_{\boldsymbol{WP}}(\%)$: humidité au point de flétrissement permanent

- **La fréquence d'arrosage (F)**

La fréquence d'arrosage correspond au nombre de jours entre deux arrosages successifs. Elle est calculée par la formule suivante :

$$\boldsymbol{F(j)} = \frac{\boldsymbol{RFU(mm)}}{\boldsymbol{BMP(mm/j)}}$$

Avec :

RFU : la réserve facilement utilisable

BMP : le besoin maximal de pointe

- **Le tour d'eau (T)**

Le tour d'eau est la fréquence qui sera réellement adoptée dans la pratique. Elle est inférieure à la fréquence théorique de quelques jours.

$$\boldsymbol{T(j)} \leq \boldsymbol{F(j)}$$

- **La dose réelle**

La dose réelle est la quantité d'eau à apporter à la plante lors de chaque arrosage. Elle est fonction du tour d'eau.

$$\boldsymbol{Dr(mm)} = \boldsymbol{BMP(mm/j)} \times \boldsymbol{T(j)}$$

Avec :

Dr : la dose réelle

BMP : le besoin maximal de pointe

T : le tour d'eau

- **La dose brute**

La dose brute est la quantité d'eau à apporter à la plante en tenant compte de l'efficience d'application.

$$\boldsymbol{Db = \frac{Dr}{Ea}}$$

Avec :

Db(mm) : la dose brute

Ea : l'efficience d'application à la parcelle.

Le calcul des besoins en eau et des paramètres d'irrigation du système semi gravitaire et du système par aspersion suit le même principe, à l'exception du débit d'équipement qui diffère en fonction du système d'irrigation, de la main d'eau et du quartier hydraulique qui sont propres au semi gravitaire.

✓ Système d'irrigation par aspersion

Le débit d'équipement est le débit nécessaire à mobiliser par unité de surface pour satisfaire les besoins en eau des cultures. Il est utilisé pour le dimensionnement des installations du système d'irrigation.

$$\boldsymbol{qe = \frac{Db}{(T \times Ts \times Ns \times 0,36)}}$$

Avec :

qe(l/s/ha) : le débit d'équipement

Db(mm) : la dose brute

T(j) : le tour d'eau

Ts(h) : le temps par poste d'arrosage

Ns : le nombre de postes d'arrosage par jour

- **Le débit total du système**

Le débit total du système est obtenu par la formule suivante :

$$\boldsymbol{Qot}\textbf{(l/s)}= \boldsymbol{qe(l/s/ha)} \times \boldsymbol{A}(\boldsymbol{ha})$$

✓ Le système semi gravitaire

- **Le débit d'équipement**

$$\boldsymbol{qe} = \frac{\boldsymbol{Db} \times \textbf{10000}}{\boldsymbol{T} \times \boldsymbol{Twmax} \times \textbf{3600}}$$

Avec :

qe(l/s/ha) : le débit d'équipement

Db(mm) : la dose brute

T(j) : le tour d'eau

Twmax : nombre d'heures maximal d'arrosage par jour

- **La main d'eau**

La main d'eau est un paramètre fondamental pour le dimensionnement d'un système d'irrigation semi gravitaire. Elle peut être définie comme la quantité d'eau que peut maîtriser un irriguant. Une main d'eau trop forte peut engendrer du gaspillage d'eau, tandis qu'une main d'eau trop faible risque de ne pas atteindre les parcelles. Il est donc essentiel de choisir une

main d'eau adéquate. Généralement, les mains d'eau retenues vont de 7 à 50 l/s. L'évaluation des besoins en eau de chaque parcelle nous a permis de retenir une main d'eau de 20 l/s.

- **Le quartier hydraulique (W)**

Le quartier hydraulique est la surface de l'ensemble des parcelles qui peuvent être irriguées à partir d'une main d'eau.

$$\boldsymbol{W = \frac{m}{DMP}}$$

Avec :

W(ha) : le quartier hydraulique

m(l/s) : la main d'eau

DMP(l/s/ha) : le débit maximum de pointe

III.2.3.6 Dimensionnement final du système par aspersion

III.2.3.6.1 Choix des asperseurs

Le choix des asperseurs repose sur 4 critères qui sont :

- **Critère 1 : Dénivelé topographique et critère de Christiansen**

Le critère de Christiansen est utilisé pour vérifier que les variations de pression liées à la topographie du terrain et aux pertes de charges dans les conduites ne dépassent pas 20% de la pression nominale des asperseurs dans le but de garantir une bonne distribution de l'eau sur l'ensemble du périmètre. Il est exprimé par la relation suivante :

$$\boldsymbol{\Delta P_{tot} \leq \frac{1}{5} P_{nom}}$$

ΔP_{tot} : Somme de la dénivelée topographique et des pertes de charges

P_{nom} : Pression nominale des asperseurs

Avec :

$$\boldsymbol{\Delta P_{tot} = \Delta E_{tot} + \Delta H_{tot}}$$

ΔE_{tot} : dénivelée topographique totale

ΔH_{tot} : Pertes de charges par friction

- **Critère 2 : Ecartement des asperseurs et diamètre mouillé**

L'écartement maximal entre les asperseurs est donné par la formule suivante :

$$\boldsymbol{e_{max} = K \times D}$$

Avec

$\boldsymbol{e_{max}}$ **:** écartement maximal entre les asperseurs

D : diamètre mouillé de l'asperseur

K : Coefficient dépendant de la vitesse du vent et de la disposition des asperseurs ou des rampes. Nous avons opté pour une disposition carrée dans le but d'assurer une uniformité d'arrosage et de faciliter la mise en place sur le terrain.

Critère 3 : Pluviométrie de l'asperseur et l'infiltration du sol

Ce critère a pour objectif de s'assurer que la quantité d'eau apportée par les asperseurs ne dépasse pas la capacité d'infiltration du sol pour éviter le ruissellement et les pertes d'eau.

$$\boldsymbol{Pasp(mm/j) \leq I(mm/h)}$$

Avec :

Pasp (mm/j) : la pluviométrie de l'asperseur

I(mm/j) : l'infiltration du sol

La pluviométrie de l'asperseur est donnée par la formule :

$$\boldsymbol{Pasp(mm/j) = \frac{1000 \times qasp(m3/h)}{easp(m) \times erp(m)}}$$

Avec :

qasp : le débit de l'asperseur

easp(m) : l'écartement des asperseurs

erp(m) : l'écartement des rampes

- **Critère 4 : Valeurs appropriées du tour d'eau (T) du temps d'arrosage par poste (Ts), du nombre de postes par rampe par jour (Ns) et du nombre de rampes en fonctionnement simultané (Nrp,sim)**

- Le temps par poste d'arrosage (Ts) est le nombre d'heures nécessaires par poste d'arrosage pour apporter la dose brute. Il est donné par la formule suivante

$$\boldsymbol{Ts(h) = \frac{Db(mm)}{Pasp(mm/h)}}$$

Avec :

Db(mm) **:** La dose brute

Pasp (mm/h) : La pluviométrie de l'asperseur

- Le nombre de postes d'arrosage pouvant être irrigués par jour est donné par la formule suivante :

$$\boldsymbol{Ns = \frac{Twmax(h)}{Ts(h)}}$$

Avec :

Ns : Le nombre de postes d'arrosage par jour

$\boldsymbol{Twmax(h)}$: Le temps maximum d'arrosage par jour

Ts(h) : Le temps par poste d'arrosage

- Le nombre de rampes en fonctionnement simultané est obtenu par la formule suivante :

$$\boldsymbol{Nrp, sim = \frac{Nrp}{T(j) \times Ns}}$$

Avec :

$\boldsymbol{Nrp, sim}$: le nombre de rampes fonctionnant simultanément sur le périmètre

$\boldsymbol{Nrp}$: Le nombre total de positions de rampes

$\boldsymbol{T(j)}$: Le tour d'eau

$\boldsymbol{Ns}$: Le nombre de postes d'arrosage par jour

- **Dispositions des porte-rampes, rampes et asperseurs**

  ✓ Le nombre de rampe

$$\boldsymbol{Nrp = \frac{Lparc(m)}{erp(m)}}$$

Avec :

Nrp : le nombre de rampes

$Lparc(m)$: La longueur de la parcelle

$erp(m)$: L'écartement des rampes

  ✓ Le nombre d'asperseur par rampe Nasp/rp

$$\boldsymbol{Nasp/rp = \frac{Lrp(m)}{easp(m)}}$$

Nasp/rp : Le nombre d'asperseurs par rampe

***easp* (m)** : L'écartement des asperseurs

- **Le débit de la rampe Qrp**

$$\boldsymbol{Qrp(l/s) = \frac{qasp(m3/h) \times Nasp/rp}{3{,}6}}$$

Avec :

$\boldsymbol{Qrp}$**(l/s)** : Le débit de la rampe

qasp(m3/h) : Le débit d'un asperseur

Nasp/rp : Le nombre d'asperseurs par rampe

- **Le débit des portes rampes**

$$\boldsymbol{Qprp\ (l/s) = Nrp,sim \times Qrp}$$

$\boldsymbol{Qprp\ (l/s)}$: le débit d'un porte rampe

$\boldsymbol{Nrp, sim}$: Nombre de rampes en fonctionnement simultané

Qrp (l/s) *:* débit d'un porte rampe

III.2.3.6.2Dimensionnement des conduites

❖ **Dimensionnement des rampes**

- **Diamètre théorique des rampes**

$$\boldsymbol{Drp(mm) = \sqrt{\frac{Qrp(l/s)}{V(m/s)}} \times 18,811}$$

V : vitesse d'écoulement de l'eau

Q : débit de la rampe

Conformément aux recommandations de la FAO (FAO 2008) la vitesse maximale admissible dans les conduites en PVC et PE ne doit pas dépasser 1,7 m/s. Cette valeur a donc été retenue pour le dimensionnement des conduites du réseau.

- **Perte de charge linéaire**

Elle a été déterminée avec la formule de Colebrook, Calmon et Lechat

$$\boldsymbol{\Delta Hsimple(m) = a \times \frac{Q(m3/s)^n}{D(m)^m}}$$

a, n et m étant les coefficients de Calmon Lechat.

D(m) : le diamètre

Q (m3/s) : le débit

En tenant compte du service en route, la perte de charge de la rampe est :

$$\Delta \boldsymbol{Hrampe(m)} = \Delta \boldsymbol{Hsimple} \times \boldsymbol{F} \times \boldsymbol{L}$$

L(m) : La longueur de la rampe

F : facteur de correction fonction du nombre de points de sortie d'eau

- **Variation totale de pression le long de la rampe**

$$\Delta \boldsymbol{Prampe(m)} = \Delta \boldsymbol{Hrampe(m)} - (\boldsymbol{Eamont} - \boldsymbol{Eaval})$$

Avec

Eamont : la cote amont de la rampe (m)

Eaval : la cote aval de la rampe (m)

❖ Dimensionnement des porte rampe

- **Diamètre théorique des portes rampes**

$$\boldsymbol{Dprp(mm)} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{Qprp(m3/h)}}{\boldsymbol{V(m/s)}}} \times \mathbf{18,811}$$

V : vitesse d'écoulement de l'eau

Q : débit de la rampe

- **Perte de charge des portes rampes**

Elle a été déterminée avec la formule de Colebrook, Calmon et Lechat .

$$\Delta \boldsymbol{Hsimple(m)} = \boldsymbol{a} \times \frac{\boldsymbol{Q(m3/s)^n}}{\boldsymbol{D(m)^m}}$$

a, n et **m** étant les coefficients de Calmon Lechat

D(m) : le diamètre

Q (m3/s) : le débit

En tenant compte du service en route, la perte de charge du porte rampe est :

$$\Delta \boldsymbol{Hprp}(\boldsymbol{m}) = \Delta \boldsymbol{Hsimple} \times \boldsymbol{F} \times \boldsymbol{L}$$

L(m) : la longueur de la rampe

F : facteur de correction fonction du nombre de points de sortie d'eau

- **Variation totale de pression le long de la porte rampe**

La variation de pression le long de la porte rampe sera évalué par la formule ci-dessous :

$$\Delta \boldsymbol{Pprp}(\boldsymbol{m}) = \Delta \boldsymbol{Hprp}(\boldsymbol{m}) - (\boldsymbol{Eamont} - \boldsymbol{Eaval})$$

Avec

Eamont : la cote amont de la porte rampe (m)

Eaval : la cote aval de la porte rampe (m)

❖ **Dimensionnement des conduites tertiaires, secondaires et principale**

- **Diamètre théorique des conduites**

$$\boldsymbol{Dconduite}(\boldsymbol{mm}) = \sqrt{\frac{\boldsymbol{Qconduite}(\boldsymbol{m3/h})}{\boldsymbol{V}(\boldsymbol{m/s})}} \times \mathbf{18,811}$$

V : vitesse d'écoulement de l'eau

Q : débit de la rampe

- **Perte de charges linéaires**

Elle a été déterminée avec la formule Calmon Lechat .

$$\Delta \boldsymbol{Hsimple}(\boldsymbol{m}) = \boldsymbol{a} \times \frac{\boldsymbol{Q}(\boldsymbol{m3/s})^{\boldsymbol{n}}}{\boldsymbol{D}(\boldsymbol{m})^{\boldsymbol{m}}}$$

a ,n et m étant les coefficients de Calmon Lechat

D(m) : le diamètre

Q (m3/s) : le débit

En tenant compte du service en route, la perte de charge dans la conduite sera calculée comme suit :

$$\Delta \boldsymbol{H(m)} = \Delta \boldsymbol{Hsimple} \times \boldsymbol{F} \times \boldsymbol{L}$$

L(m) : la longueur de la rampe

F : facteur de correction fonction du nombre de points de sortie d'eau

- **Variation totale de pression le long de la conduite**

$$\Delta P(\boldsymbol{m}) = \Delta H(\boldsymbol{m}) - (\boldsymbol{Eamont} - \boldsymbol{Eaval})$$

Avec

Eamont : la cote amont de la conduite (m)

Eaval : la cote aval de la conduite (m)

- **Les ouvrages de tête**

Les ouvrages de tête ont été prévus pour le système par aspersion parce que la distribution de l'eau à ce niveau est sous pression contrairement au semi gravitaire dont la distribution fonctionne de façon gravitaire avec des canaux à ciel ouvert. Les ouvrages de tête sont installés à l'entrée du périmètre. Ils ont pour rôle de protéger les équipements et d'assurer un bon fonctionnement du réseau. Conformément aux recommandations de la FAO (FAO 2008), les ouvrages de tête seront constitués d'une vanne de sectionnement, d'une vanne de contrôle, d'un purgeur d'air, de l'injecteur d'engrais et des manomètres.

III.2.3.7 Dimensionnement final du système semi gravitaire

Le système semi gravitaire mis en œuvre dans le cadre de ce projet repose sur un pompage à la source avec une distribution gravitaire. L'eau est acheminée depuis la source à travers une seule conduite de refoulement jusqu'à deux bassins de dissipation. À ce niveau, la conduite se divise en deux branches, chacune alimentant un bassin. Chaque bassin assure ensuite l'alimentation

d'un canal primaire à ciel ouvert, lequel dessert à son tour deux canaux secondaires également à ciel ouvert.

- **Le calage des canaux d'irrigation**

Le calage des canaux est une étape très importante du dimensionnement. Il consiste à déterminer les cotes des radiers des canaux en chaque point, en vue de garantir un écoulement gravitaire sur l'ensemble des parcelles du périmètre. Le calage des canaux se fait de l'aval vers l'amont, de telle sorte à dominer les parcelles les plus contraignantes. La méthodologie adoptée pour le calage des canaux est la suivante :

- **Les débits**

Les débits ont été déterminés de manière progressive. Le débit à chaque prise a été calculé en multipliant le débit d'équipement par la superficie de la parcelle desservie. Le débit du canal secondaire correspond à la somme des débits de toutes les prises qui lui sont rattachées. Le débit du canal primaire est quant à lui obtenu par la somme des débits de tous les canaux secondaires qu'il alimente. Une main d'eau de 20 l/s a été adoptée. La somme des débits des canaux tertiaires a été calculée afin de s'assurer que la main d'eau est suffisante pour alimenter chaque canal secondaire.

- **La section des canaux**

Les canaux primaires et secondaires seront réalisés en béton. Les sections ont été déterminées avec la formule de Manning Strickler. Les pentes ont été choisies de sorte à optimiser les cubatures et à avoir une vitesse de l'eau qui permet de limiter les dépôts solides dans le canal et l'érosion des parois. L'intervalle de pente à respecter est compris entre 100 et 500 cm/km.

$$Q = Ks \times S \times Rh^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I}$$

Avec :

Q(m3/s) : le débit du canal

Ks : Coefficient de rugosité de Strickler

Rh(m) : le rayon hydraulique

S(m2) : la section mouillée du canal

i (%) : la pente

- **Déterminer la côte maximale** du terrain naturel de chaque parcelle à desservir par la prise (TN Max)
-
- **Calculer** la côte de la contrainte hydraulique

La contrainte hydraulique représente la hauteur de l'eau à l'intérieur de la parcelle. Elle détermine la côte à laquelle sera placée la cote du radier du canal secondaire. Elle est obtenue en ajoutant à la cote TN Max,

- Une lame d'eau de 15cm pour le riz,
- Un marnage de 10cm et
- 15 cm pour les pertes de charge
-

- **Déterminer la cote du radier du canal secondaire**

Pour assurer un écoulement gravitaire, la cote du radié du canal secondaire doit être supérieure ou égale à la contrainte hydraulique maximale des prises qui sont considérées comme une distribution de point le long du secondaire. Le plan d'eau dans le canal est ensuite obtenu en ajoutant le tirant d'eau à la cote radier du canal.

- **La cote radier du canal primaire**

Les cotes au radier déterminées pour les canaux secondaires constituent une distribution de points le long du canal primaire. Les contraintes hydrauliques du canal primaire sont obtenues en ajoutant à la cote radier de chaque canal secondaire les pertes de charge. La cote fond radier du canal primaire doit être supérieure ou égale à la contrainte hydraulique maximale imposée par les canaux secondaires. Le plan d'eau dans le canal primaire est obtenu en ajoutant à la cote radier du canal primaire le tirant d'eau qui sera pris égal à 20 cm pour les canaux primaires.

- **Détermination de la cote du cavalier**

Le cavalier est un remblai en terre dont le rôle est d'assurer la stabilité et le maintien du canal. La cote du cavalier est obtenue en ajoutant une revanche de 20 cm au plan d'eau.

- **La charge hydraulique**

Elle représente la différence de charge entre la cote du plan d'eau et la cote de la contrainte hydraulique. La charge hydraulique à chaque prise ne doit pas être supérieure à 50 cm pour garantir un écoulement gravitaire. Lorsque la différence de charge est supérieure à 50 cm, des chutes seront créées pour réduire la hauteur de la charge.

- **Dimensionnement du bassin de dissipation**

Le bassin de dissipation est l'un des ouvrages hydrauliques qui caractérise le système d'irrigation semi gravitaire. Cet ouvrage est statique et généralement placé au niveau le plus élevé du périmètre afin d'assurer une distribution gravitaire de l'eau au sein du périmètre. Il reçoit l'eau sous pression en provenance de la conduite de refoulement, dissipe son énergie et la redistribue au reste du périmètre.

- **Les caractéristiques du bassin de dissipation**

- **Le débit à transiter** dans le bassin correspond au débit nécessaire pour satisfaire les besoins en eau du périmètre ;
- **Le volume du bassin**

Le volume du bassin est fonction du débit à transiter et de la hauteur de chute (Référentiel d'aménagements PI T3). Il est donné par la relation suivante :

$$\boldsymbol{V = \frac{Q \times Zmax}{75}}$$

Avec :

V(m3) : le volume du bassin

Q(m3/s) : le débit à transiter

Zmax(m) : la hauteur de chute à retenir est celle qui correspond à la hauteur du déversoir.

- **La cote de calage du bassin**

$$Cb = PE + Zmax$$

Avec :

Cb(m) :la cote de calage du bassin

PE(m) : le plan d'eau maximal du canal à desservir

Zmax(m) :la hauteur de chute

- **Dimensionnement du déversoir**
- **La longueur déversante** :

$$Ld(m) = \frac{Q}{m \times \sqrt{2g} \times h^{3/2}}$$

Avec :

Ld(m) : la longueur déversante

Q(m3/s) : le débit à transiter

m : le coefficient du déversoir.

h(m) : la charge sur le déversoir correspond à la lame d'eau au-dessus du déversoir. Elle a été fixée à 40 cm

Le coefficient m dépend du profil du déversoir. Il varie généralement de :

- **0,32 à 0,48** pour un déversoir avec profil longitudinal rectangulaire et
- **0,36 à 0,53** pour un déversoir avec un profil longitudinal arrondi à l'amont.

Le déversoir de notre bassin présente un profil longitudinal rectangulaire. Par conséquent, la valeur retenue sera **m=0,32** .

- **La cote de calage du déversoir**

$$Cd(m) = PE - h$$

PE(m) : le plan d'eau maximal du canal à desservir

h(m) : la charge au-dessus du déversoir

III.2.3.8 Station de pompage

Notre périmètre étant situé en aval de notre source d'eau, l'eau ne peut pas s'écouler naturellement vers le périmètre. Les deux systèmes d'irrigation nécessitent la mise en place d'une station de pompage pour capter l'eau au niveau de la source et la refouler vers le réseau de distribution.

- **Dimensionnement des conduites de refoulement**

Plusieurs formules empiriques sont utilisées pour le dimensionnement de la conduite de refoulement. Elle sera dimensionnée avec les formules suivantes :

Bresse : $Dint(m) = 1{,}5Q^{0,5}$

Bresse modifié : $Dint(m) = 0{,}8Q^{1/3}$

Munier : $Dint(m) = (1 + 0{,}02nQ^{0,5})$ avec n : le temps de pompage par jour

Formule de Bonnin : $Dint(m) = Q^{0,5}$

Achour et Bedjaoui : $Dint(m) = 1{,}27Q^{0,5}$

Le diamètre retenu pour le dimensionnement de la conduite sera le diamètre vérifiant la condition de Flamand.

V(m/s)≤Dint(m)+0,6

- **Les pertes de charges**

Les pertes de charge pour la station de pompage seront calculées pour la conduite d'aspiration et la conduite de refoulement. On distingue deux types de pertes de charge, à savoir les pertes de charge linéaires qui seront évaluées avec la formule de Manning Strickler, et les pertes de charge singulières estimées à 10% des pertes de charges linéaires.

$$\boldsymbol{\Delta H(m) = \frac{10,294 \times Q^2 \times L}{Ks^2 \times D^{\left(\frac{16}{3}\right)}} \times 1,1}$$

Avec :

$\boldsymbol{\Delta H}$**(m)** : les pertes de charge dans la conduite

Q (m3/s) : le débit

L(m) : La longueur de la conduite

Ks : Coefficient de rugosité de Strickler

D(m) : le diamètre intérieur de la conduite

- **Calcul de la HMT de la pompe**

La HMT est un paramètre essentiel pour le choix de la pompe. Elle est calculée en prenant en compte l'ensemble des pertes de charge dans le réseau d'irrigation, la hauteur géométrique, la pression nominale au niveau des asperseurs ainsi que les pertes de charges à l'aspiration et au refoulement :

$$\boldsymbol{HMT = Hg + \Delta Hasp + \Delta Href}$$

Avec :

Hg(m) : la hauteur manométrique qui est la différence entre la cote de refoulement et la cote de distribution.

ΔHasp(m) : les pertes de charge à l'aspiration

ΔHref(m) : les pertes de charge au refoulement

- **Choix de la pompe**

Le choix de la pompe a été effectué en fonction du débit de pompage et de la HMT calculés. La courbe caractéristique de la pompe, fournie par le fabricant, est tracée en fonction du débit de pompage. La courbe caractéristique de la conduite est quant à elle construite en calculant la HMT pour différentes valeurs de débit de pompage. Le point d'intersection de ces deux courbes définit le point de fonctionnement du réseau, qui traduit les conditions réelles de fonctionnement de la pompe. Le modèle retenu est celui dont les caractéristiques hydrauliques correspondent à ce point de fonctionnement. Le rendement et la puissance de la pompe seront lus directement dans le catalogue du fabricant.

- **Dimensionnement du champ solaire**

Le choix de l'énergie solaire pour la station de pompage répond avant tout à des contraintes pratiques observées sur le terrain. Avec un groupe électrogène, l'expérience montre que les exploitants ont souvent du mal à cotiser régulièrement pour couvrir les frais de carburant et d'entretien, ce qui finit par mettre en péril le fonctionnement du système sur la durée. Le raccordement au réseau de la SONABEL n'est pas non plus une solution viable : les redevances sont trop lourdes, aussi bien pour les exploitants que pour l'État, qui n'a pas les moyens de subventionner ces charges sur le long terme. L'énergie solaire limite ces difficultés, une fois l'investissement initial réalisé, les coûts de fonctionnement deviennent quasi nuls, ce qui assure au système une autonomie et une durabilité bien plus grandes.

Pour garantir un bon fonctionnement du système irrigué, il est essentiel que le champ solaire soit correctement dimensionné. Le dimensionnement du champ solaire s'articule autour de quatre étapes allant de l'évaluation de l'énergie journalière nécessaire au fonctionnement de la pompe au nombre de panneaux solaires à installer dans le parc solaire photovoltaïque (Imadan *et al.*).

- **Calcul de l'énergie électrique journalière pour la pompe**

L'énergie électrique journalière correspond à la quantité d'énergie que la pompe doit consommer chaque jour pour délivrer le débit nécessaire à la couverture au besoin en eau du périmètre. Elle est calculée par la relation suivante :

$$\boldsymbol{Ec = \frac{CH \times Q \times HMT}{\eta}}$$

Avec :

Ec(Wh/j) : l'énergie électrique

CH(kg.s.h/m2) : la constante hydraulique dépendant de la gravité terrestre et de la densité de l'eau prise égale à 2,725

Q(m3/h) : le débit journalier délivré par la pompe

HMT(m) : la hauteur manométrique totale

$\boldsymbol{\eta}$: le rendement de la pompe

- **Calcul de l'énergie produite par le champ photovoltaïque**

L'énergie produite par le champ photovoltaïque est l'énergie totale délivrée par le parc solaire. Il doit produire une énergie supérieure à celle consommée par la pompe pour compenser les pertes liées aux conditions météorologiques, à l'inclinaison des modules et au rendement global du système. L'énergie électrique produite par le champ solaire est calculée par la formule suivante :

$$\boldsymbol{Ep = \frac{Ec}{(\eta \times \eta_{ond})}}$$

Avec :

Ep(Wh/j) : l'énergie produite par le champ photovoltaïque

$\boldsymbol{\eta}$: un coefficient correcteur dépendant de l'incertitude météorologique, de l'inclinaison des modules solaires et du rendement global du système photovoltaïque. Sa valeur théorique est comprise entre 0,7 et 0,9, mais en pratique la valeur moyenne utilisée est de 0,8.

$\boldsymbol{\eta}$ond : le rendement du convertisseur qui est de 0,98 ou 0,99

- **Détermination de la puissance crête du générateur (Pc)**

La puissance crête du générateur est la puissance maximale que le parc solaire peut délivrer. Il est calculé par la formule suivante.

$$\boldsymbol{P_{pv} = \frac{Ep}{Ir}}$$

Avec :

$\boldsymbol{P_{pv}}$ **(W)** : la puissance de crête

***Ep*(Wh/j) :** l'énergie électrique journalière

Ir(kWh/m2/j) : l'irradiation solaire

- **Le nombre total de modules photovoltaïques**

Le nombre de modules photovoltaïques correspond au nombre de panneaux solaires à installer dans le parc solaire.

$$N = \frac{P_{pv}}{Pm}$$

Avec

N : le nombre de modules photovoltaïques

$P_{pv}(W)$: la puissance du générateur photovoltaïque

Pm : la puissance d'un module photovoltaïque ou d'un panneau solaire

- **La puissance de l'onduleur**

L'énergie solaire produite par les panneaux se présente sous forme de courant continu et ne peut être directement utilisée par la pompe. La présence d'un onduleur est donc indispensable pour convertir le courant continu produit par les panneaux solaires en courant alternatif utilisable par la pompe. La formule utilisée pour le calcul de la puissance de l'onduleur est la suivante :

$$P_{ond} = \frac{P_p \times 1,05}{\eta_m \times \cos(\phi)}$$

Avec :

P_{ond}**(KVA) :** La puissance de l'onduleur

P_p**(kW)** : la puissance de la pompe

η_m : le rendement du moteur de la pompe

$\cos(\phi)$: un facteur de puissance qui représente le déphasage entre la tension alternative fournie par l'onduleur à la pompe et le courant alternatif consommé par le moteur de la pompe.

III.2.3.9 Réseau de drainage

L'objectif de la mise en place du réseau de drainage dans notre périmètre est d'évacuer les eaux de ruissellement qui s'accumulent en surface après les pluies ou après l'irrigation et de protéger le périmètre contre les éventuelles inondations. En raison de son emplacement, le périmètre est susceptible de recevoir les eaux en provenance de l'extérieur et les eaux excédentaires de l'arrosage. Face à ses contraintes, nous avons choisi de mettre en place des drains dans le but d'évacuer les eaux excédentaires.

- **Les drains**

Les drains sont des canaux à ciel ouvert conçus pour collecter et évacuer l'excès d'eau issu de la pluie ou de l'arrosage. Ils sont dimensionnés sur la base de la pluie décennal. Ce débit est calculé par la formule suivante (Lalaïcha) :

$$\boldsymbol{Q10\ (l/s/ha) = \frac{P10(mm)}{t(h)} \times\ 0,36}$$

- **Section des drains**

Les sections des drains internes et des colatures seront de forme trapézoïdale, correspondant à la section hydrauliquement favorable, et seront réalisées en terre. La formule de Manning-Strickler est utilisée pour leur dimensionnement :

$$\boldsymbol{Q = K \times S \times Rh^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{I}}$$

III.2.3.10 Analyse financière

La rentabilité économique du système par aspersion et du système semi gravitaire a été évaluée sur la base des critères suivants : le coût du projet, les charges d'exploitation, les marges brutes et les marges nettes. Ces éléments nous ont permis de calculer la durée de retour sur investissement, indicateur retenu pour l'évaluation et la comparaison de la rentabilité des deux systèmes.

- **Le coût du projet**

Le coût du projet représente l'ensemble des dépenses nécessaires à la mise en place du périmètre irrigué. Il prend en compte l'ensemble des travaux à réaliser, le matériel à acquérir et la main d'œuvre à mobiliser.

- **Les charges d'exploitation**

Les charges d'exploitation représentent l'ensemble des dépenses nécessaires au fonctionnement et à l'entretien du périmètre irrigué. Elles comprennent, les intrants agricoles, les produits phytosanitaires, la maintenance des systèmes ainsi que la main d'œuvre.

- **La marge brute**

La marge brute représente le revenu total généré par la vente des récoltes du périmètre irrigué. Elle est obtenue en faisant le produit du rendement à l'hectare par la superficie cultivée et par le prix de vente du produit.

- **La marge nette**

La marge nette représente les bénéfices générés par le périmètre irrigué après déduction de toutes les charges d'exploitation. Elle correspond à la différence entre la marge brute et les charges d'exploitation.

- **La durée de retour sur investissement (DRI)**

La DRI est un indicateur économique qui permet d'évaluer la durée requise pour récupérer le coût du projet avant qu'il ne soit rentable. Son calcul se fait de la manière suivante :

$$DRI = \frac{Cout\ du\ projet}{Marge\ nette}$$

III.2.3.11 Analyse comparative

La comparaison des deux systèmes se fera sur la base de deux catégories de critères : les critères techniques, les critères économiques et les critères sociaux.

- **Les critères techniques retenus sont**

- Les besoins en eau qui permettent d'évaluer la quantité d'eau nécessaire pour satisfaire les exigences des cultures en fonction de chaque système ;
- L'efficience de chaque système d'irrigation, qui traduit la capacité du système à limiter les pertes d'eau ;
- Le débit d'équipement qui correspond au débit nécessaire pour assurer le fonctionnement du système d'irrigation ;
- La facilité de la mise en place de chaque système qui prend en compte la complexité des travaux de réalisation et des équipements à installer ;
- Besoin en main d'œuvre qui évalue les ressources humaines nécessaires pour l'exploitation et l'entretien du système.

- Les critères économiques retenus sont :

- Le coût du projet, qui permet de comparer l'investissement nécessaire pour la mise en œuvre de chaque système

- La durée de retour sur investissement qui permet d'évaluer la durée de rentabilité du projet

Les deux systèmes seront également comparés sur la base d'un critère social. Ce critère prendra en compte la facilité d'adoption du système, les habitudes des exploitants ainsi que leurs capacités à s'approprier le système proposé.

IV. RESULTATS

IV.1 Synthèse des études de bases

- **L'étude topographique**

Les levés topographiques ont été réalisés sur l'ensemble du périmètre. Ils nous ont permis de déterminer la superficie exploitable qui s'élève à 13,5 ha, d'établir les courbes de niveau et de déterminer le sens d'écoulement de l'eau. Les résultats montrent que le terrain présente une pente assez faible de 0,25%, compatible avec la mise en place des deux systèmes d'irrigation à savoir l'aspersion et le semi gravitaire. Les données topographiques ont été utilisées pour le tracé des réseaux d'irrigation, le découpage parcellaire et les plans de masse de chaque système.

- **L'étude pédologique**

Après avoir effectué les mesures d'infiltration sur le terrain à l'aide du double anneau, les données ont été traitées à l'aide du logiciel SPAW (Soil-Plant-Air-Water) afin d'estimer la conductivité hydraulique à saturation ainsi que les humidités caractéristiques du sol. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Résultats des mesures d'infiltration

Paramètres	Valeur
Ksat moyen(mm/h)	13,24
Humidité à la capacité au champ (%)	32,3
Humidité au point de flétrissement permanent (%)	12,1

Reserve utile (mm)	121

- **L'étude hydrologique**

  Les caractéristiques obtenues après la délimitation du bassin versant sont résumées dans le tableau

Tableau 2 : Les caractéristiques du bassin versant de Pa

Paramètres	Valeurs
Superficie(km2)	245,4
Périmètre (Km)	88,6
KG	1,6
Longueur du rectangle équivalent(km)	37,8
Altitude maximale(m)	472,0
Altitude minimale(m)	266,0
Altitude de 5% de la surface du bassin(m)	370,0
Altitude de 95% de la surface du bassin(m)	280,0
Dénivelé(m)	90,0
Pente moyenne(m/km)	13,1
Indice de pente global(m/km)	2,4
Indice de pente global corrigé(m/km)	3,7
Densité de drainage	1,16
Dénivelé spécifique	37,3

- **L'analyse fréquentielle**

L'analyse fréquentielle des pluies a été réalisée à l'aide des lois de Gumbel et de la loi normale. Les résultats obtenus montrent que la pluie maximale journalière décennale est de 101 mm, tandis que la pluie annuelle moyenne est de 1070 mm.

- **Le débit de crue**

A partir des résultats de l'analyse fréquentielle et des caractéristiques du bassin versant, le débit de crue obtenu est de 64,02 m3/s. Ce débit sera utilisé pour le dimensionnement des drains et des colatures.

IV.2 Conception et dimensionnement du périmètre

IV.2.1 Choix des cultures

Le calendrier cultural proposé par le MAERAH prévoit plusieurs combinaisons de cultures. Notre choix s'est porté sur la combinaison 1, composée uniquement de cultures céréalières, conformément à la politique visant à accroitre la production céréalière. Cette combinaison s'articule autour de trois campagnes successives :

- Le riz (Orylux 6) sera cultivé en première campagne de Juin à septembre, avec un rendement de 6,5 t/ha ;
- Le blé (variété Hatchar) sera cultivé en deuxième campagne de Octobre à janvier, avec un rendement de 10 t/ha ;
- Le maïs (variété Komsaya) sera cultivé en troisième campagne de février à mai avec un rendement de 8t/ha.

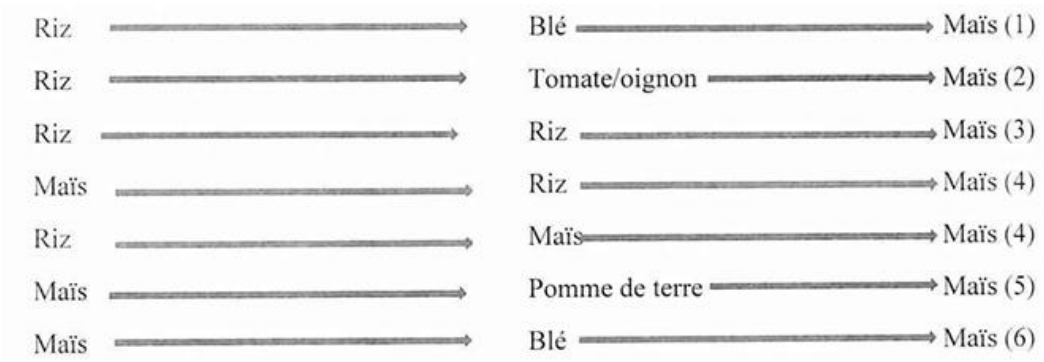


Figure 4 : Les combinaisons culturales proposées par le MAERAH

Tableau 3 : Les caractéristiques des cultures

Valeurs de Kc de chaque culture et durée pour chaque phase							
cultures		Initial	Développement	Mi saison	Arrière-saison	Durée	Zr(m)
Riz	Durée(j)	20	25	35	20	100	0,6
	kc	1,05	1,01	1,2	1,05		

Blé	Durée(j)	15	25	30	20	90	1,2
	kc	0,35	0,75	1,2	0,6		
Mais	Durée(j)	15	25	30	20	90	1,5
	kc	0,35	0,78	1,05	0,9		

IV.2.2 **Evaluations des besoins en eau et des paramètres d'irrigation**

- Les besoins en eau

Les besoins en eau ont été calculés pour chaque culture et pour chaque campagne. Pour les trois campagnes considérées, les besoins en eau des trois cultures ont été évalués. Les résultats de calcul montrent que la troisième campagne est la plus contraignante, avec le riz comme culture la plus exigeante en eau. Les besoins en eau de la campagne la plus contraignante s'élèvent à 7 933,58 m3/ha pour le système par aspersion et à 9 916,97 m3/ha pour le système semi gravitaire.

Le riz a été retenu comme culture la plus contraignante pour le dimensionnement des deux systèmes d'irrigation. Le mois d'avril représente le mois le plus contraignant avec les besoins en eau les plus élevés. Il a donc été retenu comme mois de référence pour le dimensionnement du système d'irrigation.

Les valeurs négatives obtenues pour les mois de Juillet, Août et Septembre indiquent que l'irrigation n'est pas nécessaire, sauf en période de poche de sécheresse. Les résultats sont consignés dans le Tableau *4* et illustrés par la **Figure** *5* **4.**

Tableau 4 : Les besoins mensuels en eau des cultures par campagne agricole

	1ere campagne				**2e campagne**				**3e campagne**			
Bb(m3/ha)	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fevrier	Mars	Avril	Mai
Semi gravitaire	866,17	-434,97	-1134,75	-758,06	1970,38	2513,07	2772,26	2448,89	2532,41	3092,74	3147,84	1143,99
Aspersion	692,94	-347,98	-907,80	-606,45	1576,30	2010,46	2217,81	1959,11	2025,93	2474,19	2518,27	915,19

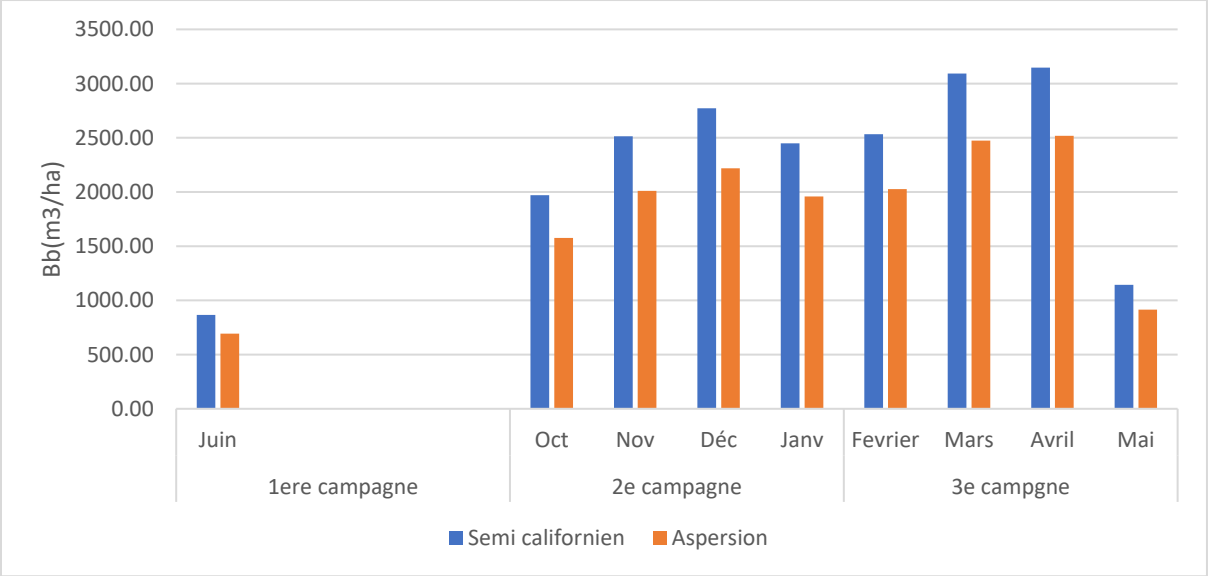


Figure 5 : Évolution des besoins mensuels en fonction de chaque système d'irrigation

IV.2.3 **Résultat du dimensionnement préliminaire**

Les résultats du dimensionnement préliminaire montrent que les deux systèmes présentent les mêmes valeurs pour le besoin maximal de pointe, la RFU, la fréquence d'arrosage, le tour d'eau et la dose réelle. Cependant, la dose brute et le débit d'équipement diffèrent d'un système à l'autre, étant donné que la dose brute est fonction de l'efficience du réseau et le débit d'équipement est à son tour fonction de la dose brute. Les résultats sont consignés dans le tableau 3.

Tableau 5 : Résultats du dimensionnement préliminaire

Les paramètres	**Abréviations**	**Semi gravitaire**	**Aspersion**
Besoin maximal de pointe	BMP	6,99	6,99
La réserve facilement utilisable	RU	120,00	120,00
La fréquence	F(j)	6,87	6,87
Le tour d'eau	T(j)	3,00	3,00
La dose réel	Dr	20,97	20,97
Efficience	Ea	0,65	0,75
La dose brute	Db	32,27	27,96

Le temps maximal de travail par jour	Twmax	8,00	8,00
Le débit d'équipement	qe(l/s/ha)	3,73	2,78

- **Les paramètres d'irrigation du semi gravitaire**

Les paramètres d'irrigation propres au système semi gravitaire sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : Les paramètres d'irrigation du semi gravitaire

Les paramètres	**Abréviations**	**Valeurs**
Débit fictif continu	DFC(l/s/ha)	1,18
Débit maximum de pointe	DMP(l/s/ha)	4,20
La main d'eau	m(l/s)	20,00
Le quartier hydraulique	W(ha)	4,8

IV.2.4 Résultats du dimensionnement final

IV.2.4.1 La configuration du système

- **Le système par aspersion**

Le périmètre est subdivisé en parcelles de 0,25 ha chacune et organisé en deux blocs, chacun alimenté par une conduite secondaire. Chaque parcelle est desservie par une porte rampe centrale disposée perpendiculairement aux courbes de niveau, sur laquelle sont raccordées les rampes de part et d'autre, parallèlement aux courbes de niveau. Les portes rampes sont ensuite reliées aux conduites tertiaires, elles-mêmes reliées aux conduites secondaires, alimentées par une conduite principale.

- **Le système semi gravitaire**

Le périmètre est subdivisé en parcelles de 0,25 ha chacune et organisé en deux blocs, chacun desservi par un bassin de dissipation et un canal primaire. À partir du bassin de dissipation, deux canaux primaires assurent l'alimentation du périmètre. Chaque canal principal alimente

deux canaux secondaires sur lesquels sont placées des prises permettant la distribution de l'eau à l'intérieur de chaque parcelle. L'ensemble des canaux sera réalisé en béton.

IV.2.4.2 Dimensionnement final du système par aspersion

- Choix de l'asperseur

L'asperseur retenu pour le dimensionnement du système par aspersion est de marque Supernet, avec un débit de 110 l/h et une pression nominale qui varie entre 2 et 4 bars. Son choix repose sur la vérification des quatre critères régissant le choix des asperseurs (Keita, 2024). Les caractéristiques de l'asperseur choisi sont résumées dans le tableau 5.

Tableau 7 : Caractéristiques de l'asperseur

Pression nominale	Pnom (bar)	2-4
Débit de l'asperseur	qasp(l/h)	110
Pluviométrie de l'asperseur	Pasp(mm/h)	6,87
Vitesse d'infiltration	Vinf(mm/h)	13,6
Tour d'eau	T(j)	3
Temps par poste	Ts(h)	2,88
Le temps de travail max	Twmax(h)	8
Nombre de poste	Ns	2,78
L'écartement entre les asperseurs	Easp(m)	4
L'écartement entre les rampes	Erp(m)	4
Le nombre de rampe dans la parcelle	N_rp	12
Le nombre de rampes en fonctionnement simultané	N_rp,sim	2
Le nombre d'asperseur dans la parcelle	Nasp_retenu	12

- **Dimensionnement des conduites**

➢ Dimensionnement des rampes

Tableau 8 : Résultats du dimensionnement des rampes

Le débit	Qrp (m3/h)	1,32
La vitesse	V(m/s)	1,7
Diamètre théorique	Dth (mm)	16,45
Diamètre nominal	DN (mm)	25

➢ Dimensionnement des portes rampes

Les portes rampes assurent la liaison entre les conduites tertiaires et les rampes. Chaque porte rampe alimente simultanément deux rampes. Les caractéristiques des portes rampes sont consignées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 9 : Résultats du dimensionnement des portes rampes

Le nombre de rampes en fonctionnement simultané	Rp_sim	2
Le débit	Qprp(m3/h)	2,6
La vitesse	V(m/s)	1,7
Diamètre théorique	Dth(mm)	30,77
Diamètre nominal	DN(mm)	50

➢ Dimensionnement des conduites tertiaires

Les conduites tertiaires sont alimentées par les conduites secondaires et alimentent directement les portes rampes. Le périmètre étant divisé en deux blocs, les caractéristiques de chaque conduite tertiaire sont consignées dans les tableaux 8 et 9.

Tableau 10 : Résultats du dimensionnement des conduites tertiaires du bloc 1

Bloc1								
	CT 1	**CT 2**	**CT 3**	**CT 4**	**CT 5**	**CT 6**	**CT 7**	**CT 8**
Nbre de porte rampe sur la conduite secondaire	2	2	4	4	4	4	4	4
Q(m3/H)	5,2	5,2	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
V(m/s)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Dth(mm)	32,90	32,90	46,53	46,53	46,53	46,53	46,53	46,53
DN(mm)	50	50	63	63	63	63	63	63

Tableau 11 : Résultats du dimensionnement des conduites tertiaires du bloc 2

Bloc2							
	CT1	**CT2**	**CT3**	**CT4**	**CT5**	**CT6**	**CT7**
Nbre de porte rampe sur la conduite secondaire	5	4	3	4	4	2	3
Q(m3/H)	13	10,4	7,8	10,4	10,4	5,2	7,8
V(m/s)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Dth(mm)	52,02	46,53	40,29	46,53	46,53	32,90	40,29
DN(mm)	63	63	63	63	63	63	63

- Dimensionnement des conduites secondaires

Le périmètre est divisé en deux blocs et chaque bloc dispose d'une conduite secondaire. Les conduites secondaires reçoivent l'eau de la conduite primaire et la distribuent aux conduites tertiaires. Les caractéristiques des conduites secondaires alimentant le bloc 1 sont consignées dans le tableau 10 et celles alimentant le bloc 2 sont consignées dans le tableau 11.

Tableau 12 : Résultats du dimensionnement de la conduite secondaire alimentant le bloc1

Conduite secondaire CS1	
Q(m3/h)	72,8
V(m/s)	1,7
Dth(mm)	123,09
DN(mm)	160

Tableau 13 : Résultats du dimensionnement de la conduite secondaire alimentant le bloc2

Conduite secondaire CS2	
Q(m3/h)	65
V(m/s)	1,7
Dth(mm)	116,31
DN(mm)	160

- Dimensionnement de la conduite primaire

La conduite primaire reçoit l'eau de la conduite de transport et la distribue aux deux conduites secondaires. Les caractéristiques de la conduite primaire sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 14 : Résultats du dimensionnement de la conduite primaire

Conduite primaire	
Q(m3/h)	137,8
V(m/s)	1,7
Dth (mm)	169,360463
DN (mm)	200

- **Dimensionnement de la conduite de refoulement**

La conduite de refoulement du système par aspersion a été dimensionnée sur la base du débit et de la HMT. Le diamètre théorique calculé a permis de choisir le diamètre nominal le plus adapté. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 15 : Caractéristiques de la conduite de refoulement

Aspersion	
Q(m3/h)	140
HMT(m)	43
L(m)	301
Dth(mm)	306,19
DN(mm)	315
Dint(mm)	296,3

IV.2.4.3 Le système semi gravitaire

Le dimensionnement final du système semi gravitaire concerne la mise en place des canaux à ciel ouvert et du bassin de dissipation.

- **Le dimensionnement des canaux**

- Les canaux secondaires

Les canaux secondaires seront tous en béton de section rectangulaire. Afin de faciliter le dimensionnement et la réalisation des canaux, le tirant d'eau a été fixé à 15 cm, la largeur au

plafond à 20 cm et la pente du radier à 0,5%. Chaque canal secondaire transporte un débit de 20 l/s correspondant à la main d'eau. Les caractéristiques des canaux secondaires sont résumées dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 16 : Caractéristiques du CS11

Cote radier en teete du canal(m)	307,39
Cote radier en fin du canal(m)	304,61
Cote du plan d'eau en tete du canal(m)	307,54
Cote du plan d'eau en fin du canal(m)	304,76
Cote cavalier en teete du canal(m)	307,69
Cote cavalier en fin du canal(m)	304,91
La hauteur du canal(cm)	0,3
Pente retenue(m/km)	0,5
Largeur au plafond(m)	0,2
Tirant d'eau(cm)	0,15
Fruit de berge	0

Tableau 17 : Caractéristiques du CS12

Cote radier en teete du canal(m)	307,420
Cote radier en fin du canal(m)	304,776
Cote du plan d'eau en teete du canal(m)	307,570
Cote du plan d'eau en fin du canal(m)	304,926
Cote cavalier en teete du canal(m)	307,72
Cote cavalier en fin du canal(m)	305,08
La hauteur du canal(cm)	0,30
Pente retenue(m/km)	0,5
Largeur au plafond(m)	0,2
Tirant d'eau(cm)	0,15
Fruit de berge	0

Tableau 18 : Caractéristiques du CS21

Cote radier en tête du canal(m)	306,300
Cote radier en fin du canal(m)	302,734
Cote du plan d'eau en tête du canal(m)	306,450
Cote du plan d'eau en fin du canal(m)	302,884
Cote cavalier en tête du canal(m)	306,60
Cote cavalier en fin du canal(m)	303,03
La hauteur du canal(cm)	0,30
Pente retenue(m/km)	0,50
Largeur au plafond(m)	0,2
Tirant d'eau(cm)	0,15
Fruit de berge	0,00

Tableau 19 : Caractéristiques du CS22

Cote radier en tête du canal	306,880
Cote radier en fin du canal	304,380
Cote du plan d'eau en tête du canal	307,030
Cote du plan d'eau en fin du canal	304,530
Cote cavalier en tête du canal	307,18
Cote cavalier en fin du canal	304,68
La hauteur du canal	0,30
Pente retenue	0,50
Largeur au plafond	0,2
Tirant d'eau	0,15
Fruit de berge	0,00

- **Les canaux primaires**

Les canaux primaires seront en béton de section trapézoïdale. Le tirant d'eau et la largeur au plafond ont été fixés à 20 cm. Les pentes des radiers sont de 0,1% pour le canal primaire 1 (CP1) et 0,3% pour le canal primaire 2 (CP2). Les caractéristiques des canaux primaires sont résumées dans les tableaux 8 et 9.

Tableau 20 : les caractéristiques du CP1

Cote radier en tête du canal(m)	307,6
Cote radier en fin du canal(m)	307,48
Cote du plan d'eau en tête du canal(m)	307,8
Cote du plan d'eau en fin du canal(m)	307,68
Cote cavalier en tête du canal(m)	308
Cote cavalier en fin du canal(m)	307,88
La hauteur du canal(cm)	0,4
Pente retenue(m/km)	0,1
Largeur au plafond(m)	0,3
Tirant d'eau(cm)	0,2
Fruit de berge	1,5

Tableau 21 : Caractéristiques du CP2

Cote radier en tête du canal(m)	**306,900**
Cote radier en fin du canal(m)	**306,269**
Cote du plan d'eau en tête du canal(m)	**307,200**
Cote du plan d'eau en fin du canal(m)	**306,569**
Cote cavalier en tête du canal(m)	**307,40**
Cote cavalier en fin du canal(m)	**306,77**

La hauteur du canal(cm)	**0,50**
Pente retenue(m/km)	**0,3**
Largeur au plafond(m)	**0,2**
Tirant d'eau(cm)	**0,20**
Fruit de berge	**1,50**

- Le dimensionnement des bassins de dissipation

Etant donné que chaque bassin reçoit le même débit, ils auront les mêmes caractéristiques. Les mêmes caractéristiques de chaque bassin sont résumées dans le tableau 20 et 21.

Tableau 22 : Les caractéristiques du bassin de dissipation alimentant le canal primaire CP1

Dimensionnement du bassin de dissipation B1							
Qmax à Transiter	Volume du bassin	Surface	Plan d'eau du canal primaire	Cote radier du bassin	Hauteur de chute (Zmax)	Longueur Bassin	Largeur Bassin
(l/s)	(m^3)	(m^2)	m	Projet	(m)	(m)	(m)
50,00	0,10	0,40	307,60	**307,90**	0,30	0,50	**0,40**

Tableau 23 : Les caractéristiques du bassin de dissipation pour le bloc 2

Dimensionnement du bassin de dissipation B2							
Qmax à transiter	Volume du bassin	Surface	Plan d'eau du canal primaire	Cote radier du bassin	Hauteur de Chute (Zmax)	Longueur Bassin	Largeur Bassin
(l/s)	(m^3)	(m^2)	m	Projet	(m)	(m)	(m)
50,00	0,10	0,40	306,90	**307,20**	0,30	0,50	**0,40**

- **Dimensionnement de la conduite de refoulement**

La conduite de refoulement du système semi gravitaire a été dimensionnée sur la base d'un débit de 360 m3/h et d'une HMT de 10 m. Pour éviter d'avoir des diamètres de refoulement

trop importants, nous avons opté pour deux pompes en parallèle, chacune assurant un débit de 180 m3/h. Chaque pompe est reliée à une conduite de refoulement et à un bassin de dissipation.

Les deux conduites de refoulement auront les mêmes caractéristiques car elles ont la même longueur et véhiculent le même débit.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau 24.

Tableau 24 : Caractéristiques de la conduite de refoulement

Semi gravitaire	
Q(m3/h)	180
HMT(m)	10
L(m)	695
Dth(mm)	300,08
DN(mm)	315
Dint(mm)	296,3

IV.2.4.4 Dimensionnement de la pompe

- **Dimensionnement de la pompe**

À partir des besoins en eau calculés pour chaque système, nous avons déterminé le débit que chaque pompe doit fournir pour l'alimentation en eau du périmètre. Sur la base de ce débit et de la HMT qui représente la pression totale que la pompe doit fournir pour acheminer l'eau jusqu'au périmètre, nous avons sélectionné la pompe correspondant à nos besoins.

Tableau 25 : Caractéristiques des pompes sélectionnées

	Aspersion	Semi gravitaire
	NK65-250/270 AA1F2AVSBQQVUW1 50Hz n=2978 mn-1	NK 80-160/147 AA1F2AESBQQEOW1 50 Hz, n = 2960 mn-1
Débit(m3/h)	140	180
HMT(m)	35	10

Rendement (%)	72,6	78
Puissance(kW)	25,57	15

IV.2.4.5 La source d'énergie

- ❖ Système par aspersion

- Résultats du dimensionnement des panneaux solaires pour le système par aspersion

Tableau 26 : notes de calcul pour le dimensionnement des panneaux solaires pour le système par aspersion

Aspersion		
Désignation	**Unité**	**Valeur**
Débit de pompage	[m³/h]	**140,000**
HMT	[m]	**35,000**
Energie électrique	[Wh]	**177106,613**
Ensoleillement	[kWh/m2/j]	**5,500**
Puissance crêtes Wc	[W]	**46001,7**
Puissance panneaux choisi	[W]	**500,00**
Nombre de panneaux calculé	[U]	**92,00**
Nombre de panneaux retenu	[U]	**100,000**

- Résultats du dimensionnement de l'onduleur pour le système par aspersion

Tableau 27 : Résultats du dimensionnement de l'onduleur pour le système par aspersion

Onduleur		
Désignation	**Unité**	**Valeur**
Puissance de la pompe	[Kw]	**28,000**
Coefficient de correction K	-	**1,050**
Cosφ	-	**0,740**
Puissance apparente calculée	[KVA]	**39,730**

Puissance apparente retenu	[KVA]	**40,000**

❖ **Système semi gravitaire**

Résultats du dimensionnement des panneaux solaires pour le système semi gravitaire

Tableau 28 : Résultats du dimensionnement des panneaux solaires pour le système semi gravitaire

Semi gravitaire		
Désignation	**Unité**	**Valeur**
Débit de pompage	[m³/h]	**180,000**
HMT	[m]	**10,000**
Energie électrique	[Wh]	**65887,806**
Ensoleillement	[kWh/m2/j]	**5,500**
Puissance crêtes Wc	[W]	**12610,1**
Puissance panneaux choisi	[W]	**500,00**
Nombre de panneaux calculé	[U]	**25,22**
Nombre de panneaux retenu	[U]	**30,000**

Tableau 29 : Résultats du dimensionnement de l'onduleur pour le système semi gravitaire

Onduleur		
Désignation	**Unité**	**Valeur**
Puissance de la pompe	[Kw]	**7,000**
Coefficient de correction K	**-**	**1,050**
Cosφ	**-**	**0,740**
Puissance apparente calculée	[KVA]	**9,932**
Puissance apparente retenu	[KVA]	**10,000**

IV.2.4.6 Calendrier cultural

Le calendrier cultural est un outil indispensable à toute exploitation agricole : il recense, ordonne et planifie l'ensemble des interventions techniques nécessaires au bon déroulement d'une campagne, permettant ainsi une meilleure gestion du temps, des intrants et de la main-d'œuvre.

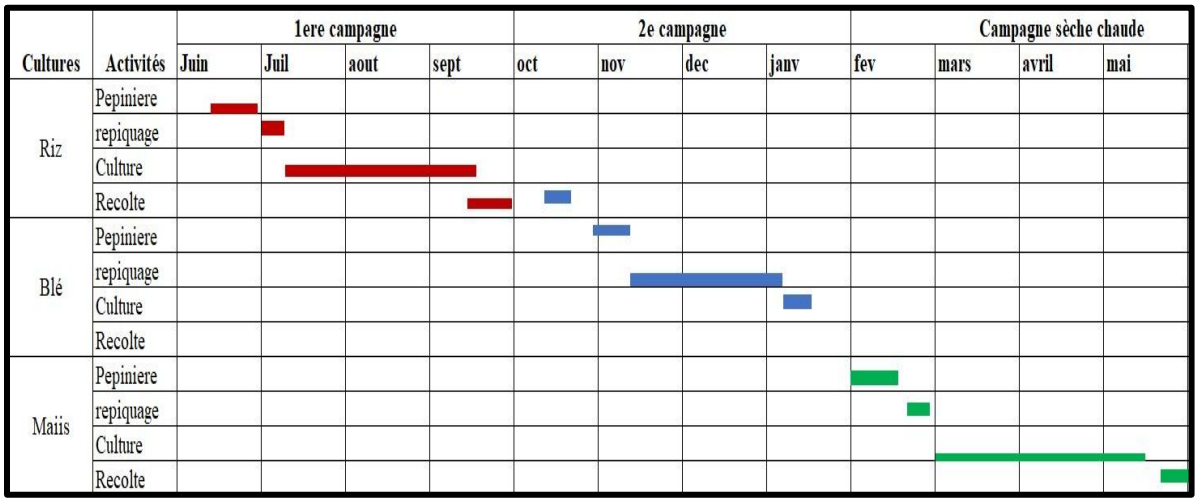


Tableau 30 : Le calendrier cultural

IV.2.4.7 Dimensionnement du réseau de drainage

Les drains seront de section trapézoïdale et creusés en terre, sans revêtement. Le réseau de drainage sera constitué de quatre drains secondaires placés à proximité des canaux secondaires pour collecter l'excédent d'eau d'arrosage et les eaux de pluie, et un drain primaire placé en bordure du périmètre pour recueillir les eaux provenant des drains secondaires.

Tableau 31 : Récapitulatif du dimensionnement des drains

L(m)	Ks	Pente (%)	b(m)	y(m)	m	V(m/s)
400	30	0,0005	0,2	0,20968407	1,5	0,23
350	30	0,0005	0,2	0,2097121	1,5	0,41
350	30	0,0005	0,2	0,2097417	1,5	0,35
300	30	0,0005	0,2	0,2097121	1,5	0,23
500	30	0,0005	0,2	0,14773026	1,5	0,33

IV.2.5 Etude de coût et de rentabilité financière

Le coût d'investissement et la durée de retour sur investissement varient en fonction de chaque système. Les résultats obtenus pour chaque système sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 32 : Résultats du coût d'investissement et la DRI

	Aspersion	Semi gravitaire
Cout du projet (FCFA)	180 050 892	159 658 638
Cout à l'hectare (FCFA)	13 337 103	11 826 566
Marge nette d'exploitation (FCFA)	29 254 500	39 514 500
DRI (années)	6,15	4,04

IV.2.5.1 L'analyse comparative

- **Les besoins en eau des deux systèmes**

L'analyse des besoins en eau sur l'ensemble des trois campagnes agricoles montre une différence entre le système par aspersion et le système semi gravitaire. En effet, les besoins en eau pour la campagne la plus contraignante s'élèvent à 7 933,58 m3/ha pour le système par aspersion et à 9 916,97 m3/ha pour le système semi gravitaire.

Cet écart s'explique par la différence d'efficience des deux systèmes, estimée à 75% pour l'aspersion et 60% pour le semi gravitaire.

Le système par aspersion présente une meilleure efficience que le système semi gravitaire, ce qui limite les pertes et permet d'économiser l'eau.

- **Le débit d'équipement**

Le débit d'équipement du système par aspersion est de 2,73 l/s/ha contre 3,73 l/s/ha pour le semi gravitaire. Cette différence confirme les résultats obtenus pour les besoins en eau. Le système semi gravitaire, ayant une efficience faible a besoin d'un débit d'équipement plus élevé pour compenser les pertes. A l'inverse, le système par aspersion demande un débit moins important grâce à sa meilleure efficience. Le système d'irrigation par aspersion est donc plus avantageux puisqu'il permet de limiter les pertes en eau et de réduire la quantité d'eau à mobiliser pour satisfaire les besoins en eau des cultures.

- **La source d'énergie**

Le système par aspersion nécessite plus de panneaux solaires que le système semi gravitaire. En effet, le pompage étant direct pour le système par aspersion, la pompe doit vaincre les pertes de charge pour alimenter le périmètre, ce qui nécessite 100 panneaux solaires pour alimenter une pompe délivrant un débit de 140 m³/h. Dans le système semi gravitaire, le pompage se limite au bassin de dissipation et la distribution se fait ensuite de façon gravitaire dans les canaux. Chaque pompe de 180 m3/h nécessite 30 panneaux solaires, soit 60 panneaux au total pour alimenter le système semi gravitaire. Le système semi gravitaire est donc moins énergivore.

- **Coût du projet à l'hectare**

Le coût à l'hectare du système par aspersion est de 13 337 103 FCFA et de 11 826 566 FCFA pour le système semi gravitaire. Cette différence s'explique par le coût élevé des équipements d'aspersion et du réseau de conduites sous pression. À l'inverse, le système semi gravitaire, bien qu'il nécessite la construction de canaux en béton, la réalisation de déblais et de remblais, la mise en place de cavaliers et de bassins de dissipation, reste moins coûteux à l'hectare. Sur ce critère, le système semi gravitaire se révèle donc plus avantageux.

- **Durée de retour sur investissement (DRI)**

La durée de retour sur investissement est de 5 ans pour le système par aspersion, contre 4 ans pour le système semi gravitaire. Cette différence s'explique par la marge nette d'exploitation plus élevée du système semi gravitaire, qui permet de récupérer plus rapidement les sommes investies. Le système semi gravitaire se révèle donc plus rentable que le système par aspersion.

- **Les critères sociaux**

Les critères sociaux prennent en compte la facilité d'adoption du système, les habitudes des exploitants ainsi que leur capacité d'appropriation de la technologie proposée.

Le système semi gravitaire repose sur un principe proche de ce que les irrigants connaissent déjà, ce qui facilite son acceptation. Les échanges menés avec les populations ont d'ailleurs confirmé leur préférence pour ce système, en raison de l'existence d'un aménagement de ce type déjà en place dans la zone. Le système par aspersion, en revanche, constitue une

technologie moins répandue dans la zone. Son adoption nécessite un accompagnement des producteurs pour faciliter sa prise en main et garantir sa bonne utilisation. Sans cet accompagnement, le risque que les exploitants n'adhèrent pas au système reste réel et pourrait compromettre la durabilité de l'aménagement.

Sur ce critère, l'avantage revient au système semi gravitaire, dont l'acceptation sociale est meilleure.

- **La maintenance**

La maintenance constitue un critère important dans le choix du système d'irrigation. Le système par aspersion présente des contraintes d'entretien non négligeables. Les asperseurs sont sujets à des bouchages fréquents et, sur un périmètre de 13 ha, la gestion de ces incidents peut rapidement devenir compliquée pour les exploitants. Par ailleurs, les conduites étant enterrées, toute panne sur le réseau est difficile à localiser et les populations ne pourront pas intervenir par elles-mêmes. Cela peut entraîner des arrêts prolongés qui, à terme, risquent de décourager les exploitants et de conduire à un abandon de l'aménagement.

Le système semi gravitaire, grâce à ses ouvrages apparents et accessibles, permet aux exploitants de détecter et de régler les problèmes par eux-mêmes, ce qui constitue un atout. Sur ce critère, l'avantage revient au système semi gravitaire.

Tableau 33 : analyse comparative des deux systèmes d'irrigation

Paramètre	**Système par aspersion**	**Système semi gravitaire**
Besoins en eau (m³/ha)	7933,58	9916,97
Efficience d'irrigation (%)	75	60
Débit d'équipement (l/s/ha)	2,73	3,73
L'énergie	100 panneaux solaires	60 panneaux solaires
Coût du projet (FCFA/ha)	13 337 103	11 826 566

Durée de retour sur investissement (ans)	5	4
Acceptabilité sociale	Nécessite un accompagnement	Bonne
Maintenance	Complexe pour la population	Accessible à la population

Au terme de cette analyse comparative, chaque système présente des avantages et des inconvénients. Le système par aspersion offre une meilleure efficience et des besoins en eau plus faibles, mais son coût d'investissement est plus élevé, sa maintenance est complexe et son appropriation par les exploitants nécessite un accompagnement soutenu.

Le système semi gravitaire est moins efficient et plus gourmand en eau, mais il est moins coûteux à l'hectare, moins énergivore et présente une durée de retour sur investissement plus courte. De plus, les populations lui sont favorables car elles sont déjà familières avec ce type d'aménagement.

Au regard de l'ensemble de ces éléments, le système semi gravitaire sera retenu pour notre étude.

IV.3 Notice d'impact environnemental et social

Ce volet sera abordé en annexe à la page lxxv

Conclusion

Au terme de cette étude comparative entre le système par aspersion et le système semi gravitaire pour l'aménagement du périmètre irrigué de Pâ, il ressort que le système par aspersion présente de meilleures performances techniques, tandis que le système semi gravitaire s'impose sur les plans économique et social.

L'évaluation des deux systèmes sur la base de critères techniques, économiques et sociaux a permis de retenir le système semi gravitaire comme la solution la plus adaptée au contexte de notre projet. En effet, ce système étant destiné à être exploité directement par les populations locales, leur adhésion et leur capacité à se l'approprier constituent des facteurs déterminants pour la durabilité de l'aménagement. Son coût à l'hectare de 11 826 566 FCFA, sa durée de retour sur investissement de 4 ans et la préférence exprimée par 70% des producteurs en font la solution la plus viable pour garantir une exploitation pérenne du périmètre.

Il est donc évident que la mise en œuvre de ce projet contribuera à l'accroissement de la production agricole de la localité et participera au développement économique local et national. Toutefois, la pérennité de l'aménagement reposera sur une bonne organisation des exploitants, un entretien rigoureux des ouvrages et une gestion rationnelle de la ressource en eau.

Recommandations

- À l'endroit du MAERAH :

Mobiliser les financements nécessaires pour la mise en œuvre du projet dans les meilleurs délais ;

Encourager le développement de l'irrigation semi gravitairene dans les zones favorables ;

Assurer un suivi technique régulier des ouvrages après leur réalisation.

- À l'endroit des populations bénéficiaires :

S'organiser en groupements pour faciliter la gestion collective du périmètre ;

Respecter les tours d'eau et les règles de gestion établies ;

Assurer l'entretien courant des ouvrages afin de garantir la durabilité de l'aménagement.

Bibliographie

« 2-catalogue-micro-aspersion.pdf » . Disponible sur: https://www.netafim.fr/globalassets/products/sprinklers/d-net/2-catalogue-micro-aspersion.pdf?v=4a7a24 (Consulté le: 14 juin 2026).

FAO 2008 « TECHNIQUES D'IRRIGATION SOUS PRESSION ».

Identification Et Évaluation Des Impacts | PDF Scribd. Disponible sur: https://www.scribd.com/document/696312116/Identification-Et-Evaluation-Des-Impacts (Consulté le: 3 juin 2026).

Imadan, A.I. et al. « Dimensionnement et conception d'un système de pompage solaire PV pour le maraichage à ANERSOL au Niger ».

Lalaïcha, O. « Conception et dimensionnement d'un système d'irrigation de type semi gravitaire de 40 ha à Kouforpissiga : République du Bénin ».

« PCD_Pa » (sans date).

« Référentiel d'aménagements PI T3 ».

Strahler 1952 Hypsometry PDF | PDF | Contour Line | Slope Scribd. Disponible sur: https://www.scribd.com/document/369060358/Strahler-1952-hypsometry-pdf (Consulté le: 21 mai 2026).

Triboulet, J.P. *et al.* (1996) *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*. FAO, p. 244. Disponible sur : https://hal.inrae.fr/hal-02577332 (Consulté le: 10 mai 2026).

Étude comparative pour la conception et le dimensionnement des systèmes d'irrigation goutte A Goutte, Par Aspersion Et Californien : Cas Du Périmètre De Ngnith Dans La Zone Du Lac De Guiers Au Sénégal.

Etude Comparative De Trois Systèmes D'irrigation (Californien, Goutte A Goutte Et Aspersion) : Cas De L'avant-Projet Detaille De L'amenagement Hydroagricole De 61 Ha En Aval Du Barrage De Lalle Au Burkina Faso

Etude Comparative De Trois Systemes D'irrigation (Californien, Goutte A Goutte Et Aspersion) : Cas De L'avant-Projet Detaille De L'amenagement Hydro Agricole De 61 Ha En Aval Du Barrage De Lalle Au Burkina Faso

Référentiel Des Aménagements De Type 3 : Périmètres Moyens De 20 A 100 Ha

Etude D'impact Environnemental Et Social Du Sous-Projet D'aménagement Du Bas-Fond De Kamadena Dans La Commune De Dokuy, Province De La Kossi, Région De La Boucle Du Mouhoun

ANNEXE

ANNEXE 1 : Etude hydrologique du bassin versant de Pa xiv
ANNEXE 2 : RESULTATS DES MESURES D'INFILTRATION..... xxix
ANNEXE 3 : EVALUATION DE LA RESSOURCE EN EAU xxxi
ANNEXE 4 : STATION DE POMPAGE..... xxxiii
ANNEXE 5 : Dimensionnement des réseaux d'irrigation xliii
ANNEXE 6 : Notice d'impact environnemental et social lxxv
ANNEXE 7 : Analyse financière xciv
ANNEXE 8 : FICHE D'ENQUÊTE..... cviii

ANNEXE 1 : Etude hydrologique du bassin versant de Pa

- Données climatiques de la station de Boromo

Tableau 34 : les valeurs de pluie utilisées dans l'étude

Années	Pluie annuelle(mm)	Pluie maximale journalière(mm)
1980	826,5	69,2
1981	751,5	79,1
1982	830,5	44,8
1983	634,9	54,8
1984	772,8	47,6
1985	883,4	79,6
1986	859,4	53,6
1987	848,6	50,5
1988	942,8	70,6
1989	780,5	49
1990	583,5	36
1991	1047,4	98,5
1992	683	54,6
1993	1021,1	124
1994	987,3	89,6
1995	729,1	47,4
1996	1067,2	72
1997	988,9	82
1998	1035,4	122,5
1999	1006,8	119,1
2000	696,2	44,2
2001	840,1	63,3
2002	647,4	47,5
2003	1040,4	77,7
2004	874	52,4
2005	763,7	55,9

2006	829,1	50,6
2007	868,3	66,4
2008	1134,7	134
2009	829,8	48,4
2010	1033,1	56,7
2011	815,6	105,1
2012	1038,7	100,5
2013	962,7	63
2014	1114,8	88,2
2015	833,7	48,7
2016	932,3	57
2017	882,8	78,8
2018	1023,8	66,6
2019	1087,7	72
2020	849,4	83,8
2021	790,8	50
2022	1043,5	110,6

Tableau 35 : Les valeurs de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
143,23	147,19	176,01	179,85	177,66	149,57	134,83	125,21	129,99	147,00	139,69	138,64

- **Analyse fréquentielle de la pluie maximale journalière**

La pluie maximale journalière a été ajustée avec la loi de Gumbel à l'aide du logiciel Hyfran. Cet ajustement a été réalisé par la méthode du maximum de vraisemblance et les fréquences ont été calculées selon la formule de Hazen, avec un intervalle de confiance de 95%. La pluie maximale journalière décennale obtenue après traitement est de 101 mm.

Tableau 36 : Valeurs de l'ajustement des pluies maximales journalières en fonction de la période de retour (ajustement de Gumbel)

Période de retour(T)	Fréquence de non dépassement(Q)	Pluie maximale de période de retour(T)	Standard	Confidence interval (95%)	
10000.0	0.9999	229	21.6	187	272
2000.0	0.9995	200	18.0	164	235
1000.0	0.9990	187	16.5	155	219
200.0	0.9950	157	13.0	132	183
100.0	0.9900	145	11.5	122	167
50.0	0.9800	132	9.98	112	151
20.0	0.9500	115	8.01	98.9	130
10.0	0.9000	101	6.53	88.6	114
5.0	0.8000	87.6	5.07	77.6	97.5
3.0	0.6667	76.6	4.03	68.7	84.5
2.0	0.5000	66.7	3.28	60.3	73.2
1.4286	0.3000	56.6	2.84	51.0	62.2
1.2500	0.2000	51.2	2.81	45.7	56.7
1.1111	0.1000	44.7	2.97	38.8	50.5
1.0526	0.0500	39.8	3.21	33.5	46.1
1.0204	0.0200	34.9	3.53	28.0	41.8
1.0101	0.0100	31.9	3.76	24.5	39.3
1.0050	0.0050	29.3	3.98	21.5	37.1
1.0010	0.0010	24.5	4.42	15.8	33.1
1.0005	0.0005	22.7	4.59	13.7	31.7
1.0001	0.0001	19.2	4.93	9.50	28.8

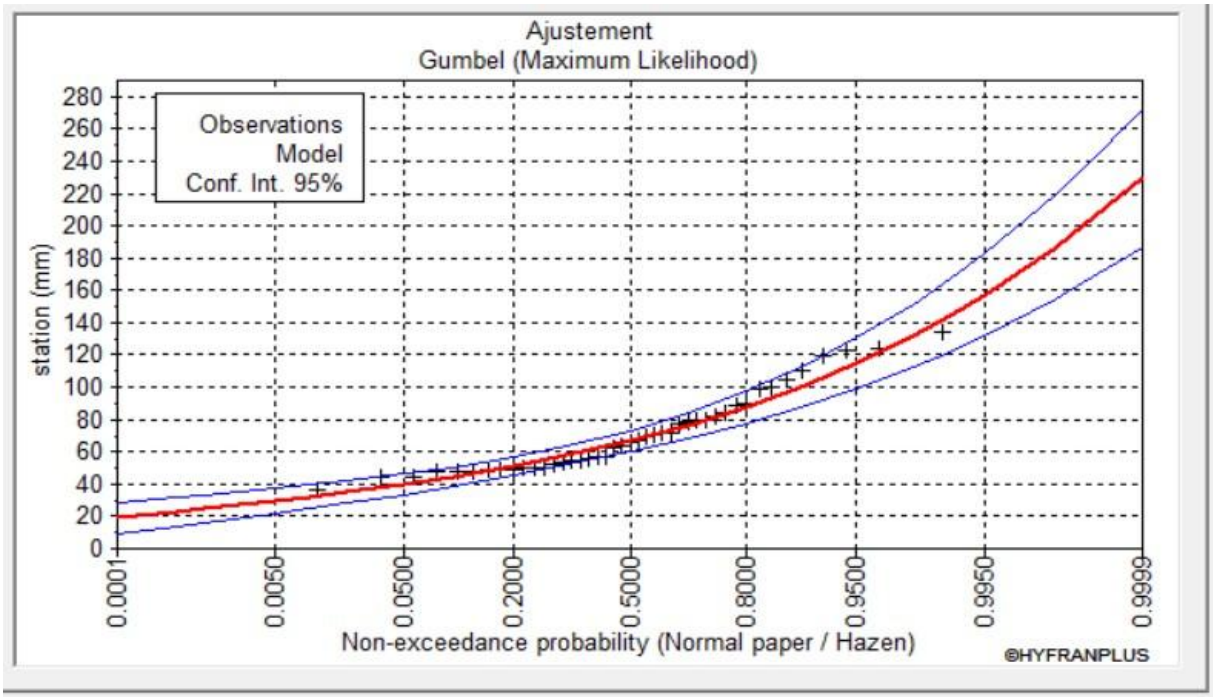


Figure 6 : Ajustement des pluies maximales journalières avec la loi de Gumbel

- **Analyse fréquentielle de la pluie annuelle**

La pluie annuelle a été ajustée suivant la loi normale à l'aide du logiciel Hyfran. Cet ajustement a été réalisé par la méthode du maximum de vraisemblance et les fréquences ont été calculées selon la formule de Hazen, avec un intervalle de confiance de 95%. L'analyse a été conduite en distinguant les années sèches et les années humides. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau et la figure ci-dessous.

Tableau 37 : Valeurs de l'ajustement des pluies annuelles en fonction des fréquences de non dépassement

Période de retour(T)	Fréquence de non dépassement(Q)	Pluie maximale de période de retour(T)	Standard	Confidence interval (95%)	
10000.0	0.9999	1410	60.6	1290	1530
2000.0	0.9995	1350	54.5	1240	1460
1000.0	0.9990	1320	51.7	1220	1420
200.0	0.9950	1250	44.7	1160	1340
100.0	0.9900	1210	41.4	1130	1290
50.0	0.9800	1180	37.9	1100	1250
20.0	0.9500	1120	32.9	1050	1180
10.0	0.9000	1070	28.9	1010	1120
5.0	0.8000	1010	24.9	957	1050
3.0	0.6667	949	22.3	905	992
2.0	0.5000	889	21.3	847	930
1.4286	0.3000	815	22.7	771	860
1.2500	0.2000	771	24.9	722	820
1.1111	0.1000	710	28.9	653	766
1.0526	0.0500	659	32.9	594	723
1.0204	0.0200	602	37.9	528	676
1.0101	0.0100	564	41.4	483	645
1.0050	0.0050	529	44.7	441	616
1.0010	0.0010	457	51.7	356	558
1.0005	0.0005	429	54.5	322	536
1.0001	0.0001	369	60.6	250	488

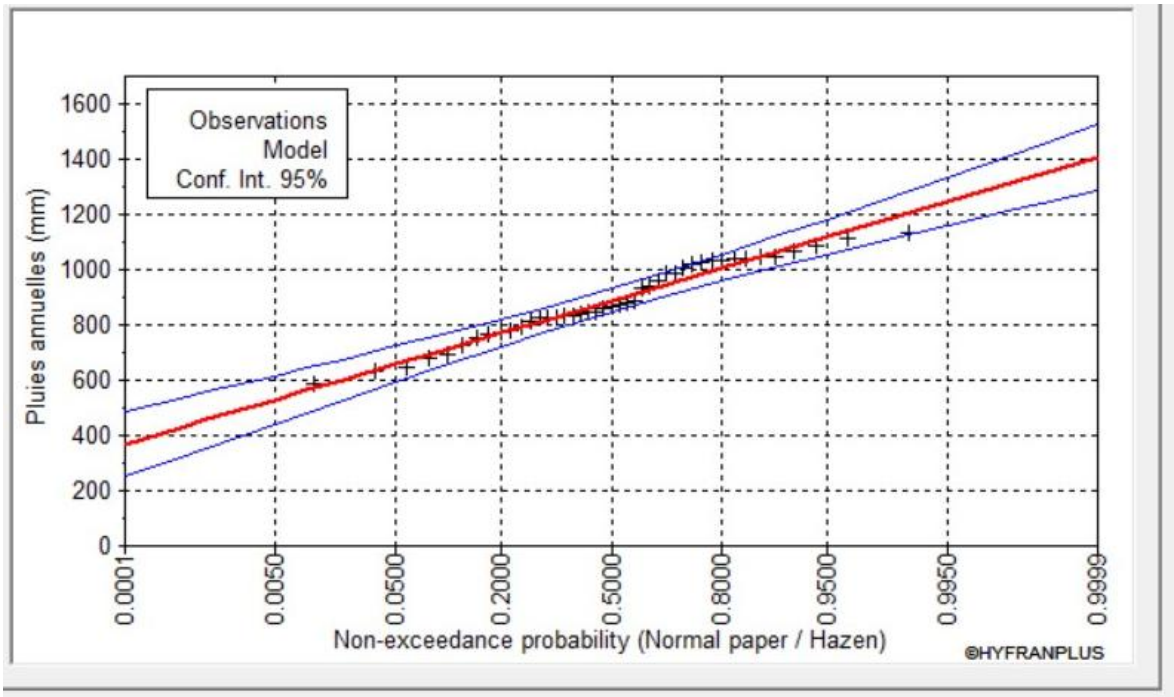


Figure 7 : Ajustement des pluies maximales annuelles avec la loi normale

- Caractéristiques morphométriques du bassin versant

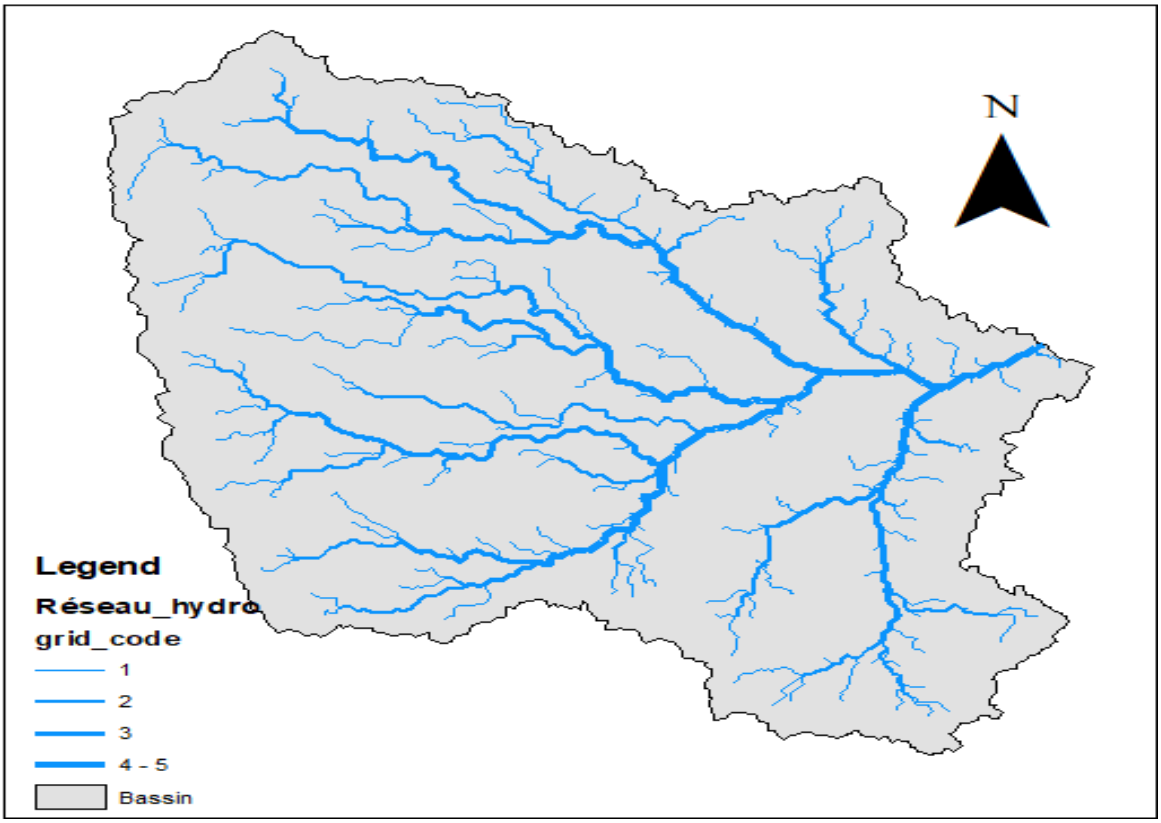


Figure 8 : Bassin versant du barrage de Pa

- **Superficie**

La superficie du bassin versant a été obtenue directement sur ArcGIS. La superficie obtenue est de 245,41 km^2. La superficie étant comprise entre 200 et 2000 km^2, notre bassin appartient à la classe des grands bassins.

- **Périmètre**

Le périmètre du bassin versant a également été obtenu avec ArcGIS. La valeur obtenue est de 88,6 km.

- **Indice de compacité**

L'indice de compacité de Gravelius est un paramètre qui permet d'apprécier la forme du bassin versant. Il est calculé avec la formule suivante :

$$\boldsymbol{Kg = \frac{0,28 \times P}{\sqrt{S}} = \frac{0,28 \times 245,41}{88,6} = 1,6}$$

La valeur de Kg supérieure à 1, indique que le bassin a une forme allongée, ce qui favorise des temps d'acheminement de l'eau à l'exutoire plus importants et réduit les débits de pointe des crues.

- **Longueur du rectangle équivalent**

Le rectangle équivalent a été calculé à partir de la surface et du périmètre du bassin versant. La longueur obtenue est de 37,81 km.

- **La courbe hypsométrique**

La courbe hypsométrique est un graphique qui présente les superficies du bassin versant en fonction des différentes classes d'altitudes. Les altitudes et les surfaces ont été obtenues avec ArcGIS, puis traitées avec Excel pour le tracé de la courbe. Les données utilisées pour le tracé de la courbe sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 38 : Les superficies cumulées en fonction des classes d'altitude

Superficie(km2)	Surface partielle (%)	Surface cumulé (%)	Altitude(m)	Tranche d'altitude(m)
39,59	16,16	100	266	266-288
61,59	25,14	84	288	288-301
54,11	22,08	59	301	301-315
28,88	11,79	37	315	315-331
22,16	9,05	25	331	331-346
20,33	8,3	16	346	346-361
11,47	4,68	8	361	361-379
4,90	2	3	379	379-402
2,36	0,97	1	402	402-472
0	0	0	472	

A partir des données du tableau ci-dessus, la courbe hypsométrique du bassin versant a été tracée avec Excel et est représentée dans la figure ci-dessous.

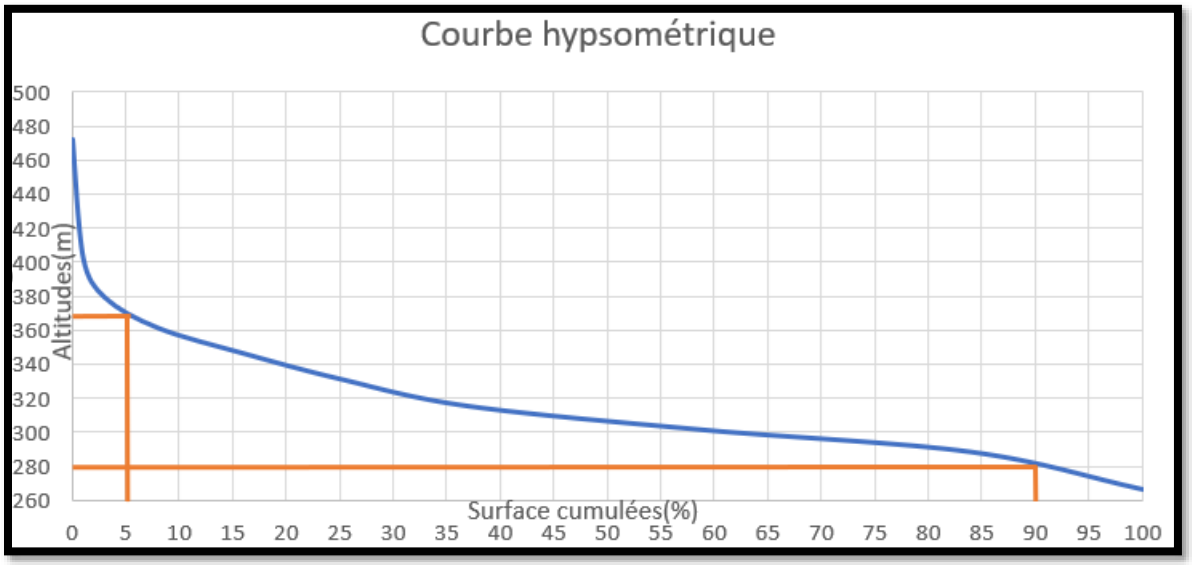


Figure 9 : la courbe hypsométrique du bassin versant

La courbe hypsométrique du bassin versant du barrage de Pa présente une forme concave. Cette forme est caractéristique des bassins versants en stade d'évolution avancé, où l'érosion a modelé le relief au fil du temps. Elle traduit un relief peu accidenté avec des pentes modérées et un réseau de drainage bien organisé (Strahler ,1952).

- **Les altitudes caractéristiques**

Les altitudes caractéristiques ont été obtenues à partir de la courbe hypsométrique. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 39 : Les altitudes caractéristiques

Paramètres	**Symboles**	**Valeurs**
Altitude maximale	Hmax(m)	472
Altitude minimale	Hmin(m)	266
Altitude à 5%	H5% (m)	370
Altitude à 50%	H50%(m)	305
Altitude de 95%	H95%(m)	280
Dénivelé	$\Delta H(m)$	90

- **Pente moyenne**

La pente moyenne a été calculée par la relation suivante :

$$Imoy = \frac{\Delta H}{\sqrt{S}} = \frac{Hmax - Hmin}{\sqrt{S}} = \mathbf{13,15m/km}$$

- **Indice global de pente**

L'indice de pente global permet de caractériser le relief du bassin versant. Il est obtenu avec la relation suivante :

$$\boldsymbol{Ig = \frac{D}{L} = \frac{370 - 280}{37,81} = 2,38m/km}$$

Après le calcul de l'indice global de pente, nous avons déterminé 6 pentes transversales perpendiculaires au cours d'eau avec le logiciel ArcGIS. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 40 : Les valeurs des pentes transversales

Pente	**Valeur(m/km)**
it1	15,5
it2	6,30
it3	2,86
it4	4,08
it5	4,37
it6	4,30
It	6,24

La pente transversale moyenne obtenue est de 6,24 m/km. Cette valeur étant supérieure à 20% de l'indice global de pente, il est nécessaire de corriger la pente.

- Indice global de pente corrigé

L'indice global de pente est calculé avec la relation suivante :

$$\boldsymbol{Igcorr = \frac{(n-1) \times Ig + It}{n} = \frac{(3-1) \times 2{,}38 + 6{,}24}{3} = 3{,}67 m/km}$$

La longueur du cours d'eau principal, obtenue avec ArcGIS est de 9, 85 km. Ce qui correspond à une valeur de n=3. Après correction, nous obtenons un indice de pente corrigé de $\mathbf{3,67\ m/km}$

- La dénivelée spécifique

La dénivelée spécifique est un paramètre qui permet de caractériser le relief du bassin versant. Elle a été obtenue avec la relation suivante :

$$\boldsymbol{Ds = Ig \times \sqrt{S} = 3{,}67 \times \sqrt{245{,}41} = 37{,}28\ m}$$

La valeur de la dénivelée spécifique obtenue est de 37,28 m. Cette valeur étant inférieure à 50 m, nous pouvons conclure que notre bassin versant appartient à la classe des reliefs faibles.

❖ Caractéristiques du réseau hydrographique

Tableau 41 : Les caractéristiques du réseau hydrographique

Paramètres	Résultats
Longueur totale des cours d'eau (km)	285,42
Longueur du cours d'eau principal (km)	9,85
Densité de drainage (km^{-1})	1,16

La longueur totale des cours d'eau et la longueur du cours d'eau principal ont été obtenues avec le logiciel ArcGIS. La densité de drainage a été calculée à partir de la longueur totale des cours d'eau et de la superficie du bassin versant. Après calcul, nous obtenons une densité de drainage de 1,16 km^{-1} .

❖ Détermination de la crue du projet

❖ Méthode Orstom

Le débit de pointe correspondant au ruissellement superficiel de la crue décennale est obtenu par la relation suivante :

$$\boldsymbol{Qr10 = A \times P_{10} \times K_{r10} \times \alpha_{10} \times \frac{S}{T_{b10}}}$$

$Qr10$ (m3/s) : le débit décennal en (m3/s)

$P_{10}(mm)$: la hauteur de pluie journalière décennale

$K_{r10}(\%)$: le coefficient de ruissellement correspondant à la crue décennale

α_{10} : le coefficient de pointe correspondant à la crue décennale

A : le coefficient d'abattement

$T_{b10}(mn)$: le temps de base correspondant à la crue décennale

- **Détermination du coefficient d'abattement A**

$$\boldsymbol{A = 1 - \frac{(161 - 0,042Pan)}{1000} \times \log(S) = 0,70}$$

- **Le coefficient de ruissellement**

Le coefficient de ruissellement Kr10 est déterminé par interpolation linéaire à partir des coefficients de ruissellement Kr70 et Kr100, qui correspondent respectivement à la pluie de 70 mm et 100 mm. Ces coefficients sont fonction de la zone climatique, de la superficie du bassin versant, de la perméabilité du sol et de l'indice global de pente. Kr70 et Kr100 peuvent être déterminés graphiquement à l'aide des courbes empiriques ou à partir de la formule analytique suivante :

$$Kr70 \; ou \; Kr100 = \frac{a}{S + b} + c$$

Avec :

S :la superficie du bassin versant

a, b et c :

- Détermination de Kr70

Tableau 42 : Paramètres de détermination de Kr70 pour la zone tropicale sèche

Infiltrabilité	Calcul de Kr70					
RI	Pour Ig=7	a	b	c	Kr70(7%)	Kr70(3,66%)
		200	20	18,5	19,25	16,17
	Pour Ig=3	a	b	c	Kr70(3%)	
		150	20	15	15,56	

La valeur de Kr70 est ensuite obtenue par interpolation linéaire avec la relation suivante :

$$Kr70(3,66\%) = Kr(7\%) - \frac{(7 - 3,66) \times [Kr70(7\%) - Kr70(3\%)]}{7 - 3} = 16,17\%$$

- Détermination de Kr100

Tableau 43 : Paramètres de détermination de Kr100 pour la zone tropicale sèche

Infiltrabilité	**Calcul de Kr100(3,66%)**					
RI	Pour Ig=7	a	b	c	Kr100(7%)	Kr100(3,66%)
		240	30	22	22,86	18,58
	Pour Ig=3	a	b	c	Kr100(3%)	
		200	30	17	17,72	

La valeur de Kr100 est ensuite obtenue par interpolation linéaire avec la relation suivante

$$Kr100(3{,}66\%) = Kr(7\%) - \frac{(7-3{,}66) \times [Kr100(7\%) - Kr100(3\%)]}{7-3} = 18{,}58\%$$

- Détermination de Kr10

$$Kr10 = Kr70 + \frac{(P_{10} - P_{70})[Kr100(3{,}66\%) - Kr70(3{,}66\%)]}{P_{100} - P_{70}} = 18{,}66\%$$

- Le temps de base

Le temps de base est aussi obtenu par interpolation linéaire à partir des équations proposées dans le manuel FAO 54 pour la zone tropicale sèche. Les valeurs de pente utilisées pour l'interpolation correspondent aux valeurs encadrant la pente de notre bassin.

- Pour $Ig = 3$

$$Tb10 = 325 \times S^{0{,}36} + 315 = 2671{,}38mn$$

- Pour $Ig = 7$

$$Tb10 = 163 \times S^{0{,}36} + 142 = 1323{,}81mn$$

$$Tb10(mn) = Tb10(7\%) + \frac{(7-3{,}6)[Tb10(3\%) - Tb10(7\%)]}{(7-3)} = 2447{,}21mn$$

La valeur du temps de base obtenu après l'interpolation linéaire est de **2447,21 min.**

Les paramètres pour la détermination du débit de crue par la méthode CIEH sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 44 : Les paramètres pour la détermination du débit de crue avec Orstom

α 10	A	P10	Kr10	S	Tb10	Q 10(m3/S)
2,6	0,7226291	101	18,66%	245,41	2447,21476	6,5

Le débit de crue décennale obtenu avec la méthode Orstom est de 6,5 m^3/s

- **Méthode CIEH**

Le débit de pointe décennal a également été estimé par la méthode CIEH à partir des équations empiriques proposées dans le manuel FAO 54. Parmi les équations disponibles, nous avons retenu celles établies pour le Burkina Faso, notamment les équations n°39 et n°40.

$$\boldsymbol{Q_{10} = a \times S^S \times Pan \times Ig \times Kr10 \times Dd^d}$$

Les paramètres pour la détermination du débit de crue par la méthode CIEH sont présentés dans le tableau ci-dessous

Tableau 45 : Les paramètres pour la détermination du débit de crue avec CIEH

N°	Description	Corrélation		Constante	Expression des paramètres de l'équation						Débit
		r	r^2	a	S	Ig	Pan	Pm10	Kr10	Dd	**Q10(m3/s)**
39	61	0,818	0,904	0,41	0,425	-	-	-	0,923	-	**63,32**
40	60	0,824	0,908	0,254	0,462	0,101	-	-	0,976	-	**64,02**

Le débit de projet retenu est Q10= 64,02 m3/s obtenu par la méthode CIEH car il représente le débit le plus élevé des débits calculés.

ANNEXE 2 : RESULTATS DES MESURES D'INFILTRATION

Tableau 46 : Les valeurs de Ksat

1		2		3		4		5	
X	3°15'19.30"O	X	3°15'24.61"O	X	3°15'25.98"O	X	3°15'19.75"O	X	3°15'19.30"O
Y	11°29'23.91"N	**Y**	11°29'29.82"N	**Y**	11°29'23.20"N	**Y**	11°29'29.05"N	**Y**	11°29'23.91"N
Δh_mm	**h_mm**	**Δh_mm**	**h_mm**	**Δh_mm**	**h_mm**	**Δh_mm**	**h_mm**	**Δh_mm**	**h_mm**
0	0	0	0	0	0	0	0	10	10
11	11	5	5	5	5	12,5	12,5	7	17
9	20	6	11	10	15	12,1	24,6	10	27
7	27	8	19	7	22	12,1	36,7	8	35
12	39	5	24	5	27	12,2	48,9	6	41
9	48	7	31	8	35	12,4	61,3	5,5	46,5
7	55	7	38	4	39	12,1	73,4	9	55,5
15	70	4	42	7	46	12	85,4	7	62,5
11	81	7	49	6	52	11,9	97,3	5	67,5
7	88	8	57	5	57	11,8	109,1	7	74,5
12	100	5	62	6	63	11,8	120,9	6	80,5
12	112	8	70	6	69	11,7	132,6	5	85,5
12	124	10	80	6	75	11,7	144,3	8	93,5
17,686		11,517		9,098		18,003		9,91	

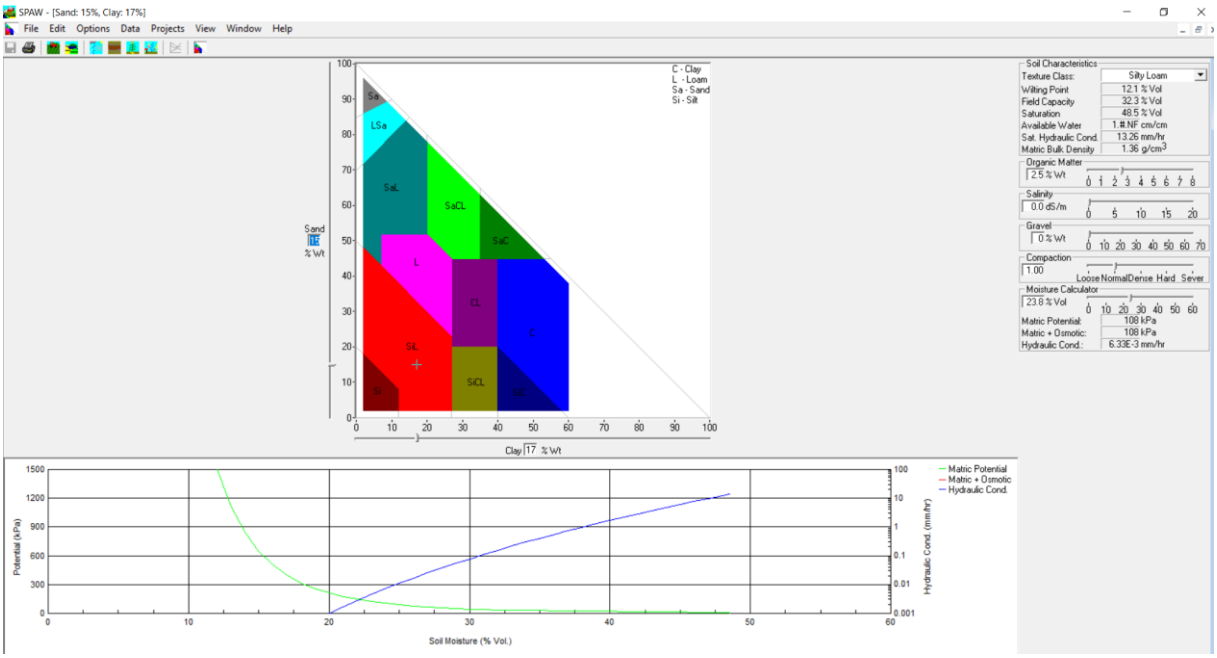


Figure 10 : Les caractéristiques du sols obtenus avec SPAW

ANNEXE 3 : EVALUATION DE LA RESSOURCE EN EAU

Pour évaluer la disponibilité de la ressource en eau, les données de débits de la station hydrométrique située à l'exutoire du barrage ont été obtenues auprès de la Direction Générale des Ressources en Eau et de l'Hydraulique (DGREH) sur une période de 25 ans allant de 2000 à 2024.

Sur la base de ces données, les débits moyens mensuels interannuels ont été calculés afin de vérifier si le barrage sera en mesure de satisfaire aux besoins en eau du périmètre irrigué. Le module hydrologique correspondant à la moyenne des débits annuels a également été déterminé dans le but de calculer le débit écologique, qui a été fixé à 10% du module.

Les résultats obtenus montrent que le mois de mars représente la période la plus contraignante avec un débit moyen de 3,25 m3/s. Ce débit satisfait largement au débit écologique de 0,050355 m3/s et aux différents débits d'équipement respectivement de 0,0503 m3/s pour le semi gravitaire et de 0,0375 m3/s pour l'aspersion. La ressource en eau est donc suffisante pour couvrir les besoins en eau du périmètre irrigué. Par ailleurs, il convient de noter qu'un autre aménagement existant prélève un débit d'environ 0,0325 m^3/s. Malgré cette contrainte supplémentaire, la ressource en eau demeure suffisante pour couvrir simultanément les besoins des différents périmètres irrigués.

Tableau 47 : Evaluation de la disponibilité de la ressource en eau

Mois	Janv	Févr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Débit (m3/s)	7,53	4,12	3,25	5,05	5,50	33,08	65,42	105,25	130,55	56,80	13,69	7,17
qe(m3/s)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
qe de l'aménagement existant(m3/s)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Total des débits prélevés dans le barrage	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08

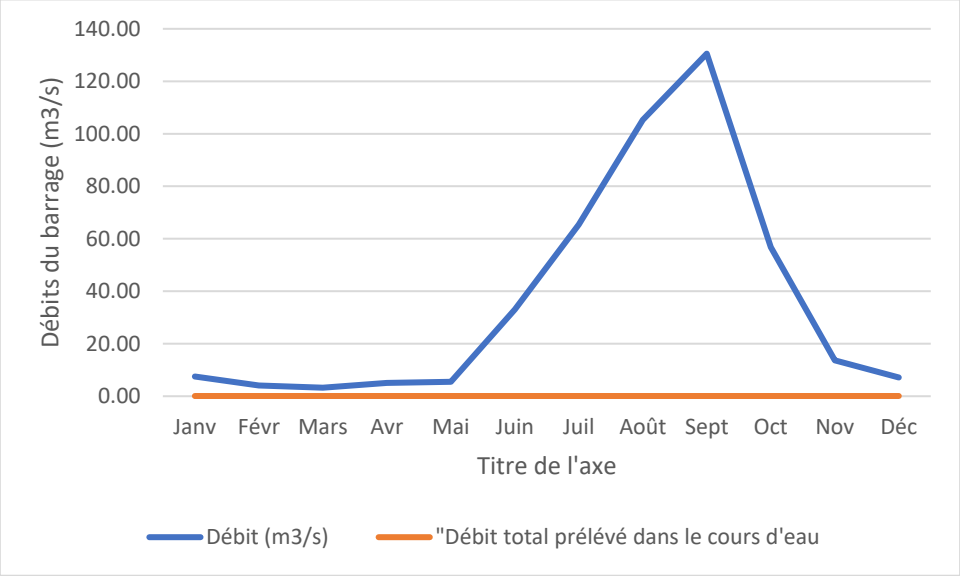


Figure 11 : Débits mensuels du barrage

L'analyse de la courbe des débits montre que les apports en eau du barrage sont largement supérieurs aux prélèvements effectués dans le barrage et ce durant tous les mois de l'année. La ressource en eau est largement suffisante pour couvrir les besoins en eau tout au long de l'année.

ANNEXE 4 : STATION DE POMPAGE

La station de pompage du périmètre irrigué sera une station flottante implantée directement sur le cours d'eau. Ce type de station présente l'avantage de s'adapter automatiquement aux variations du niveau du cours d'eau garantissant une alimentation du périmètre irrigué quelle que soit la saison.

La station est constituée d'un radeau flottant sur lequel sont fixés le groupe motopompe et ses accessoires hydrauliques.

- **Calcul de la hauteur manométrique totale (HMT)**

Le calcul de la HMT du système par aspersion a été réalisé en prenant en compte les éléments suivants :

- Les pertes de charge d'aspiration de la pompe ;
- Les pertes de charge dans la conduite de transport depuis la source jusqu'à l'entrée du périmètre ;
- Les pertes de charge dans le porte-rampe ;
- Les pertes de charge dans la rampe ;
- Les pertes de charge dans le support élévatoire de l'asperseur ;
- La hauteur géométrique de refoulement la plus contraignante ;
- La pression nominale de l'asperseur ;
- Les pertes de charge dans les filtres et injecteurs ;
- Les pertes de charge dans les pièces de connexion ;

Tableau 48 : calcul de la HMT pour le système par aspersion

Aspersion	
Pm	20
ΔHrp	0,12085694
ΔHprp	0,08021424
ΔH_Tert	4,14
ΔH_Cs	1,04
Δhasp	0,01
ΔHprimaire	1,54223627
Δhtransport	2,72817583
ΔHsupport	0,05
Htotale	22,86
Δhpièces	2,28611735
Δhfiltre+injecteur	3
HMT	35,75

Le calcul de la HMT du système semi gravitaire a été réalisé en prenant en compte les éléments suivants

Tableau 49 : calcul de la HMT pour le système sémi-californien

Semi gravitaire	
Cote prise(m)	299,4
Cote bassin de dissipation (m)	307
Hg(m)	7,6
Δhasp(m)	0,00990438
Δhref(m)	2,2496506
HMT(m)	9,85955498

- **Le choix des pompes**

Le choix de la pompe a été effectué en fonction du débit et de la HMT de chaque système. Les caractéristiques des pompes retenues au point de fonctionnement sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 50 : Caractéristiques des pompes retenues

	Aspersion	Semi gravitaire
	NK65-250/270 AA1F2AVSBQQVUW1 50Hz n=2978 mn-1	NK 80-160/147 AA1F2AESBQQEOW1 50 Hz, n = 2960 mn-1
Débit(m3/h)	140	180
HMT(m)	40	10
Rendement (%)	72,6	78
Puissance(kW)	25,57	15

❖ **Dimensionnement de la conduite de refoulement**

La conduite de refoulement est la conduite qui quitte la station de pompage et achemine l'eau vers le périmètre irrigué. Etant donné que la conduite sera posée sur l'eau, nous avons opté pour les conduites en PEHD en raison de sa flexibilité. Le diamètre de la conduite a été calculé avec les formules de Bress, Bress-modifié, Munier, Bonnin et A. Bedjaoui. Le diamètre qui respecte la condition de Flamant a été retenu. Les détails des calculs se trouvent dans le tableau 48

Tableau 51 : Dimensionnement de la conduite de refoulement pour le système aspersion

Calcul du diamètre								
Formules	**D (m)**	**D(mm)**	**Dcom (mm)**	**Dint**	**Vitesse**	**0,6+D(m)**	**Vérification**	**Perte de charge (m)**
Bress	0,30	295,80	315	296,3	0,56	0,8963	OK	0,24
Bress-modifié	0,27	271,04	315	296,3	0,56	0,8963	Ok	0,24
Munier	0,23	228,76	250	235,2	0,90	0,8352	Non	0,81
Bonnin	0,20	197,20	200	181,3	1,51	0,7813	Non	3,23
A.Bedjaoui	0,25	250,45	250	231,3	0,93	0,8313	Non	0,88

Tableau 52 : Dimensionnement de la conduite de refoulement pour le système semi gravitaire

Calcul du diamètre								
Formules	D (m)	D(mm)	Dcom (mm)	Dint	Vitesse	0,6+D(m)	Vérification	Perte de charge (m)
Bress	0,34	335,41	315	296,3	0,73	0,8963	OK	0,90
Bress-modifié	0,29	294,72	315	296,3	0,73	0,8963	Ok	0,90
Munier	0,26	259,38	315	296,3	0,73	0,8963	Ok	0,90
Bonnin	0,22	223,61	250	235,2	1,15	0,8352	Non	3,08
A.Bedjaoui	0,28	283,98	315	296,3	0,73	0,8963	Ok	0,90

Tableau 53 : Les caractéristiques de la conduite de refoulement pour chaque système

	Aspersion	**Semi gravitaire**
Q(m3/h)	140	180
HMT(m)	38	10
L(m)	439	695
Dth(mm)	295,80	294,72
DN(mm)	315	315
Dint(mm)	296,3	296,3

- **Vérification du coup de bélier pour les conduites de refoulement**

Le coup de bélier est un phénomène de surpression ou de dépression qui peut rompre les conduites. Pour éviter le coup de bélier dans la conduite, il faut utiliser des conduites dont la pression nominale est suffisamment élevée pour supporter cette suppression ou cette dépression. Les formules suivantes ont été utilisées pour vérifier l'existence du coup de bélier dans les conduites de refoulement.

- **La célérité des ondes**

La célérité des ondes dans la conduite est donnée par la relation suivante :

$$c = \frac{9900}{\sqrt{48{,}3 + k \times \frac{D}{e}}}$$

Avec :

c(m/s) : la célérité de l'onde

D(m) : le diamètre de la conduite de refoulement

e(m) : l'épaisseur de la conduite

k : un coefficient dépendant de la nature de la conduite. La conduite de refoulement étant en PEHD, la valeur de k sera 48,3.

- **La variation de pression ΔP**

La variation de pression dans la conduite est donnée par la relation suivante

$$\Delta P = \frac{c \times Vo}{g}$$

Avec :

Vo(m/s) : la vitesse dans la conduite

g(m/s^2) : l'accélération de la pesanteur

A partir ce cette variation de pression on détermine la pression maximale et la pression minimal susceptible d'avoir dans la conduite

- **La pression maximale**

$$Pmax = \Delta P + HMT$$

- **La pression minimale**

$$Pmin = HMT - \Delta P$$

Si $\frac{Pmax}{PN} \geq 1{,}2$, alors on a un coup de bélier par surpression préjudiciable pour la conduite

Si $Pmin \leq -10{,}33$,alors on a un coup de bélier par dépression préjudiciable pour la conduite

Dans les deux cas de figure, lorsque l'un de ces critères est vérifié, il est nécessaire de mettre en place un réservoir anti bélier pour protéger la conduite.

Les résultats de vérification du coup de bélier pour la conduite de refoulement du semi gravitaire et de l'aspersion sont résumés dans le tableau ci-dessous

Tableau 54 : Vérification du coup de bélier

	Aspersion	**Semi gravitaire**
D	315	315
e	18,7	18,7
k	48,3	48,3
c	231,79	231,79
V(m/s)	0,76	0,56
ΔP	17,96	13,23
Pmax	31,55	25,88
(Pmax/Pn)	1,97	1,62
Pmin	-7,96	-3,23

Pour les deux conduites de refoulement, les deux critères de vérification, à savoir $\frac{Pmax}{PN} \geq 1{,}2$ et

$Pmin \leq -10{,}33$ sont respectés. Par conséquent, il n'existe aucun risque de coup de bélier ni par surpression ni par dépression. La mise en place d'un réservoir anti bélier n'est donc pas nécessaire pour la protection des conduites.

- **Dimensionnement du champ solaire**
- Dimensionnement du champ solaire pour le système par aspersion

Le dimensionnement du système de pompage solaire pour l'irrigation par aspersion a été réalisé pour un débit de pompage de 140 m3/h et une HMT de 43m.Un champ solaire photovoltaïque de 100 panneaux de 500 Wc a été retenu.

Tableau 55 : Résultats du dimensionnement du système de pompage solaire pour l'irrigation par aspersion

Aspersion		
Désignation	**Unité**	**Valeur**
Débit de pompage	[m³/h]	**140,000**
Temps de pompage solaire	[h]	**8,000**
Production journalière	[m³/j]	**1120,000**
HMT	[m]	**43,000**
Rendement de l'onduleur nond	[%]	**95%**
Rendement générale du groupe électropompe	[%]	**78,00%**
Constante hydraulique Ch	**-**	**2,725**
Energie électrique	[Wh]	**177106,613**
Ensoleillement	[kWh/m2/j]	**5,500**
Pertes	[%]	**30,00%**
Puissance crêtes Wc	[W]	**46001,7**
Puissance panneaux choisi	[W]	**500,00**
Nombre de panneaux calculé	[U]	**92,00**
Nombre de panneaux retenu	[U]	**100,000**
Wc retenu	[W]	**50000,000**
Marge	[W]	**8,69%**

Tableau 56 : Caractéristiques de l'onduleur pour le système d'irrigation par aspersion

Onduleur		
Désignation	**Unité**	**Valeur**
Puissance de la pompe	[Kw]	**28,000**
Coefficient de correction K	**-**	**1,050**
Cosφ	**-**	**0,740**
Puissance apparente calculée	[KVA]	**39,730**
Puissance apparente retenu	[KVA]	**40,000**

❖ Dimensionnement du champ solaire pour le système semi gravitaire

Le dimensionnement du système de pompage solaire pour le système semi gravitaire a été réalisé pour un débit de pompage de 180 m3/h et une HMT de 10m.Un champ photovoltaïque de 30 panneaux de 500 Wc a été retenu.

Tableau 57 : Résultats du dimensionnement du système de pompage solaire pour le semi gravitaire

Semi gravitaire		
Désignation	**Unité**	**Valeur**
Débit de pompage	[m³/h]	**180,000**
Temps de pompage solaire	[h]	**8,000**
Production journalière	[m³/j]	**1440,000**
HMT	[m]	**10,000**
Rendement de l'onduleur nond	[%]	**95%**
Rendement générale du groupe électropompe	[%]	**62,69%**
Constante hydraulique Ch	-	**2,725**
Energie électrique	[Wh]	**65887,806**
Ensoleillement	[kWh/m2/j]	**5,500**
Pertes	[%]	**30,00%**
Puissance crêtes Wc	[W]	**12610,1**
Puissance panneaux choisi	[W]	**500,00**
Nombre de panneaux calculé	[U]	**25,22**
Nombre de panneaux retenu	[U]	**30,000**
Wc retenu	[W]	**15000,000**
Marge	[W]	**18,95%**

Tableau 58 Caractéristiques de l'onduleur

Onduleur		
Désignation	**Unité**	**Valeur**
Puissance de la pompe	[Kw]	**7,000**
Coefficient de correction K	**-**	**1,050**
Cosφ	**-**	**0,740**
Puissance apparente calculée	[KVA]	**9,932**
Puissance apparente retenu	[KVA]	**10,000**

ANNEXE 5 : Dimensionnement des réseaux d'irrigation

❖ Calcul des besoins en eau et dimensionnement préliminaire

- **Système d'irrigation par aspersion**

Tableau 59 : Les besoins en eau du riz pour la première campagne

	Riz			
Période	Juin	Juillet	Aout	Sept
Nombre de jours du mois-Nb	30	31	31	30
Phase de croissance végétative	Initiale	Développement	Pleine végétation	Maturation
Nombre de jous de la phase	20	25	35	20
Kc de la phase	1,1	1,0	1,2	1,1
Kc moyen	1,0	1,1	1,2	0,6
ETo (mm/mois)	149,6	134,8	125,2	130,0
ETM (mm)	155,1	145,3	146,0	81,9
Pe	103,1	171,4	214,1	127,4
Bn	52,0	-26,1	-68,1	-45,5
Ea	0,8	0,8	0,8	0,8
Bb	69,3	-34,8	-90,8	-60,6
Bb(m3/ha)	692,9	-348,0	-907,8	-606,4

Tableau 60 : Les besoins en eau du riz pour la deuxième campagne

	Riz			
Période	Oct	Nov	Déc	Janv
Nombre de jours du mois-Nb	31	30	31	31
Phase de croissance végétative	Initiale	Développement	Pleine végétation	Maturation
Nombre de jous de la phase	20	25	25	20
Kc de la phase	1,1	1,0	1,2	1,1
Kc moyen	1,0	1,1	1,2	1,0
ETo (mm/mois)	147,0	139,7	138,6	143,2
ETM (mm)	147,5	151,1	166,4	147,6
Pe	29,3	0,3	0,0	0,7
Bn	118,2	150,8	166,3	146,9
Ea	0,8	0,8	0,8	0,8
Bb	157,6	201,0	221,8	195,9
Bb(m3/ha)	1576,3	2010,5	2217,8	1959,1
Nj	31,0	30,0	31,0	31,0
Nh	8,0	8,0	8,0	8,0
Nj_reel	26,0	26,0	26,0	26,0
DFC(l/s/ha)	0,6	0,8	0,8	0,7
DMP(l/s/ha)	2,1	2,7	3,0	2,6

Tableau 61 : Les besoins en eau du riz pour la troisième campagne

	Riz			
Période	Février	Mars	Avril	Mai
Nombre de jours du mois-Nb	30	31	31	30
Phase de croissance végétative	Initiale	Développement	Pleine végétation	Maturation
Nombre de jous de la phase	20	25	25	20
Kc de la phase	1,1	1,0	1,2	1,1
Kc moyen	1,0	1,1	1,2	0,6
ETo (mm/mois)	147,2	176,0	179,9	177,7
ETM (mm)	152,6	189,6	209,7	111,9
Pe	0,6	4,1	20,9	43,3
Bn	151,9	185,6	188,9	68,6
Ea	0,8	0,8	0,8	0,8
Bb	202,6	247,4	251,8	91,5
Bb_global	793,4			
	2025,9	2474,2	2518,3	915,2
Bb(m3/ha)	2025,9	2474,2	2518,3	915,2
Nj	30,0	31,0	31,0	30,0
Nh	8,0	8,0	8,0	8,0
Nj_reel	26,0	26,0	26,0	26,0
DFC(l/s/ha)	0,8	0,9	0,9	0,4
DMP(l/s/ha)	2,7	3,3	3,4	1,2

Tableau 62 : Les paramètres du dimensionnement préliminaire du système par aspersion

BMP	6,99
RU	120
P	0,66
Zr	0,6
RFU	48
F(j)	6,86
T(j)	3
Dr	20,97
Ea	0,75
Db	27,96
qe(l/s/ha)	2,77

- Système d'irrigation semi gravitaire

Tableau 63 : Les besoins en eau du riz pour la première campagne

	Riz			
Période	Juin	**Juillet**	**Aout**	**Sept**
Nombre de jours du mois-Nb	30	31	31	30
Phase de croissance végétative	Initiale	Développement	Pleine végétation	Maturation
Nombre de jous de la phase	20	25	35	20
Kc de la phase	1,1	1,0	1,2	1,1
Kc moyen	1,0	1,1	1,2	0,6
ETo (mm/mois)	149,6	134,8	125,2	130,0
ETM (mm)	155,1	145,3	146,0	81,9
Pe	103,1	171,4	214,1	127,4
Bn	52,0	-26,1	-68,1	-45,5
Ea	0,6	0,6	0,6	0,6
Bb	86,6	-43,5	-113,5	-75,8
Bb(m3/ha)	866,2	-435,0	-1134,8	-758,1
Nj	30,0	31,0	31,0	30,0
Nh	8,0	8,0	8,0	8,0
Nj_reel	26,0	26,0	26,0	26,0
DFC(l/s/ha)	0,3	-0,2	-0,4	-0,3
DMP(l/s/ha)	1,2	-0,6	-1,5	-1,0

Tableau 64 : Les besoins en eau du riz pour la deuxième campagne

	Riz			
Période	**Oct**	**Nov**	**Déc**	**Janv**
Nombre de jours du mois-Nb	31	30	31	31
Phase de croissance végétative	Initiale	Développement	Pleine végétation	Maturation
Nombre de jours de la phase	20	25	25	20
Kc de la phase	1,05	1,01	1,2	1,05
Kc moyen	1,0	1,1	1,2	1,0
ETo (mm/mois)	147,0	139,7	138,6	143,2
ETM (mm)	147,5	151,1	166,4	147,6
Pe	29,3	0,3	0,0	0,7
Bn	118,2	150,8	166,3	146,9
Ea	0,6	0,6	0,6	0,6
Bb	197,0	251,3	277,2	244,9
Bb(m3/ha)	1970,4	2513,1	2772,3	2448,9
Nj	31,0	30,0	31,0	31,0
Nh	8,0	8,0	8,0	8,0
Nj_reel	26,0	26,0	26,0	26,0
DFC(l/s/ha)	0,7	1,0	1,0	0,9
DMP(l/s/ha)	2,6	3,4	3,7	3,3

Tableau 65 : Les besoins en eau du riz pour la troisième campagne

	Riz			
Période	**Févr**	**Mars**	**Avr**	**Mai**
Nombre de jours du mois-Nb	30	31	31	30
Phase de croissance végétative	Initiale	Développement	Pleine végétation	Maturation
Nombre de jous de la phase	20	25	25	20
Kc de la phase	1,05	1,01	1,2	1,05
Kc moyen	1,0	1,1	1,2	0,6
ETo (mm/mois)	147,2	176,0	179,9	177,7
ETM (mm)	152,6	189,6	209,7	111,9
Pe	0,6	4,1	20,9	43,3
Bn	151,9	185,6	188,9	68,6
Ea	0,6	0,6	0,6	0,6
Bb	253,2	309,3	314,8	114,4
Bb_global	991,7			
	2532,4	3092,7	3147,8	1144,0
Bb(m3/ha)	2532,4	3092,7	3147,8	1144,0
Nj	30,0	31,0	31,0	30,0
Nh	8,0	8,0	8,0	8,0
Nj_reel	26,0	26,0	26,0	26,0
DFC(l/s/ha)	1,0	1,2	1,2	0,4
DMP(l/s/ha)	3,4	4,1	4,2	1,5

Tableau 66 : Dimensionnement préliminaire du système d'irrigation semi gravitaire

BMP	6,99
RU	120,00
P	0,67
Zr	0,60
RFU	48,00
F(j)	6,87
T(j)	3,00
Dr	20,97
Ea	0,65
Db	32,27
qe(l/s/ha)	3,73
m	20,00
W	4,84

❖ Dimensionnement final des réseaux d'irrigation

❖ Le système par aspersion

- **Choix des asperseurs**

L'asperseur a été sélectionné dans le catalogue Netafim avec un débit de 110 l/h. Le choix a ensuite été validé après vérification des 4 critères suivants *(2-catalogue-micro-aspersion.pdf , 2019):*

- **Critère 1 : Dénivelé topographique et critère de Christiansen**

$$\boldsymbol{\Delta Ptotal \leq \frac{1}{5} \times Pnom}$$

La dénivelée totale (ΔP), qui inclut la dénivelée topographique totale et les pertes de charge par friction est de 5,6m. Selon le critère de Christiansen, cette valeur ne doit pas dépasser 20% de la pression nominale de l'asperseur. L'asperseur choisi doit donc avoir une pression nominale supérieure à 2,8 bars pour que le critère soit respecté.

- **Critère 2 : écartement des asperseurs et diamètre mouillé**

Le diamètre mouillé de l'asperseur, donné dans le catalogue du fabricant, est de 8m. En optant pour une disposition carrée avec un coefficient d'écartement de 50%, nous obtenons un espacement de 4m entre les rampes et de 4m entre les asperseurs.

- **Critère 3 : Pluviométrie de l'asperseur et infiltration du sol**

La pluviométrie de l'asperseur est de 6,87 mm/h et la vitesse d'infiltration du sol est de 13,6 mm/h. La pluviométrie de l'asperseur est donc inférieure à la vitesse d'infiltration du sol. Ce critère est donc respecté

- **Critère 4** : le tour d'eau, le temps par poste, le nombre de postes et le nombre de rampes en fonctionnement simultané ont aussi été calculés pour une meilleure distribution de l'eau au sein du périmètre.

DONNÉES TECHNIQUES - SUPERNET™

MODÈLE	DÉBIT (L/H)*	CHAMBRE DE RÉGULATION CODE COULEUR	TAILLE DE LA BUSE (MM)	PLAGE DE PRESSION DE FONCTIONNEMENT (BAR)	CONSTANT K	EXPOSANT* X	DIAMÈTRE D'ASPERSION (M)		TURBINE CODE COULEUR
							MODÈLE LR 20 CM AU DESSUS DU SOL	MODÈLE LRD 20 CM AU DESSUS DU SOL	
020	20	Violet	0.89	1.5 - 4.0	20	0	4.5	1.5	Violet
030	30	Marron	1.14	1.5 - 4.0	30	0	6.0	1.5	Violet
035	35	Bleu ciel	1.20	1.5 - 4.0	35	0	6.0	1.5	Violet
040	40	Bleu	1.28	1.5 - 4.0	40	0	6.0	1.5	Violet
050	50	Vert	1.43	1.5 - 4.0	50	0	7.0	1.5	Noir
058	58	Gris	1.55	1.5 - 4.0	58	0	7.0	1.5	Noir
070	70	Noir	1.73	1.5 - 4.0	70	0	7.0	2.0	Noir
090	90	Orange	1.74	1.5 - 4.0	90	0	7.0	2.0	Noir
110	110	Rouge	1.70	2.0 - 4.0	110	0	8.0	2.0	Noir

*dans une plage de pression de fonctionnement

Figure 12 : Données techniques de l'asperseur

Tableau 67 : les caractéristiques de l'asperseur choisi

ΔE(m)	4
ΔH(m)	1,6
ΔP_tot(m)	7,6
Pnom (bar)	2,8
qasp(l/h)	110
Db(mm)	19,78
T(j)	3
Ts(h)	2,88
Twmax(h)	8
Ns	2,78
N_rp	12,5
N_rp_retenu	12
N_rp,sim	2
Nasp	12,5
Nasp_retenu	12

- **Dimensionnement des conduites**

Les pertes de charge dans les conduites ont été évaluées avec la formule de Calmon Lechat

$$\Delta H(\boldsymbol{m}) = \boldsymbol{a} \times \frac{\boldsymbol{Q(m3/s)^n}}{\boldsymbol{D(m)^m}}$$

Les coefficients de Calmon Lechat utilisés pour le dimensionnement des conduites sont les suivants :

Tableau 68 : Les coefficients de Calmon Lechat

a	0,000916
n	1,78
m	4,78

- **Dimensionnement des rampes**

Les notes de calcul pour le dimensionnement des rampes sont résumées dans le tableau ci-dessous

Tableau 69 : Dimensionnement des rampes

Qrp(m3/h)	1,32
V(m/s)	1,7
Dth(mm)	16,575796
DN(mm)	25
ΔH(m/m)	0,0319261
F	0,402
L_rampe(m)	25
ΔH_rampe	0,3208569
Eamont	307,08
Eaval	306,76
Eamont-Eaval	0,32
ΔP	0,00085694

- **Dimensionnement des portes rampes**

Les notes de calcul pour le dimensionnement des portes rampes sont résumées dans le tableau ci-dessous

Tableau 70 : Notes de calcul pour le dimensionnement des portes rampes

Rp_sim	2,00
Qprp(m3/h)	2,64
V(m/s)	1,70
Dth(mm)	23,44
DN(mm)	50,00
ΔH(m/m)	0,0040
F	0,40
L_rampe(m)	50,00
ΔH_rampe	0,08
Eamont	306,76
Eaval	307,08
Eamont-Eaval	-0,32
ΔP	0,40

- **Dimensionnement des conduites tertiaires pour le bloc 1**

Tableau 71 : Notes de calcul pour le dimensionnement des conduites tertiaires

Bloc1								
	CT 1	**CT 2**	**CT 3**	**CT 4**	**CT 5**	**CT 6**	**CT 7**	**CT 8**
Nbre de porte rampe sur la conduite secondaire	2	2	4	4	4	4	4	4
Q(m3/H)	5,28	5,28	10,56	10,56	10,56	10,56	10,56	10,56
V(m/s)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Dth(mm)	33,2	33,2	46,9	46,9	46,9	46,9	46,9	46,9
DN(mm)	50,0	50,0	63,0	63,0	63,0	63,0	63,0	63,0
ΔH(m/m)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
F	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
L_CT(m)	67,0	77,0	67,0	76,5	68,0	77,0	67,0	77,0
ΔH_CT	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4
Eamont	306,5	306,5	307,1	307,1	306,5	307,1	304,0	304,0
Eaval	306,7	306,8	306,8	306,8	306,6	306,8	303,9	303,6
Eamont-Eaval	-0,2	-0,2	0,3	0,3	0,0	0,3	0,1	0,4
ΔP	0,5	0,6	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0

- **Dimensionnement des conduites tertiaires pour le bloc 2**

Tableau 72 : Notes de calcul pour le dimensionnement des conduites tertiaires

Bloc2							
	CT1	**CT2**	**CT3**	**CT4**	**CT5**	**CT6**	**CT7**
Nbre de porte rampe sur la conduite secondaire	5	4	3	4	4	2	3
Q(m3/H)	13,2	10,6	7,9	10,6	10,6	5,3	7,9
V(m/s)	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
Dth(mm)	52,4	46,9	40,6	46,9	46,9	33,2	40,6
DN(mm)	63,0	63,0	63,0	63,0	63,0	63,0	63,0
ΔH(m/m)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
F	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5
L_CT(m)	94,0	76,0	67,0	76,0	100,0	30,0	97,0
ΔH_CT	0,7	0,2	0,3	0,2	0,4	0,1	0,5
Eamont	305,8	304,3	304,3	303,3	303,3	302,3	302,3
Eaval	305,6	304,3	304,5	303,2	303,5	302,5	302,2
Eamont-Eaval	0,2	0,0	-0,2	0,1	-0,2	-0,2	0,1
ΔP	0,4	0,2	0,5	0,1	0,6	0,3	0,4

- Dimensionnement des conduites secondaires

Tableau 73Notes de calcul pour la conduite secondaire alimentant le bloc 1

Q(m3/h)	73,92
V(m/s)	1,7
Dth(mm)	124,0419
DN(mm)	160
ΔH(m/m)	0,00578602
F	0,486
L_CS(m)	262
ΔH_Cs	0,73674526
Eamont	307,08
Eaval	306,76
Eamont-Eaval	0,32
ΔP	0,4167453

Tableau 74 : Notes de calcul pour la conduite secondaire alimentant le bloc 2

Q(m3/h)	66
V(m/s)	1,7
Dth(mm)	117,208576
DN(mm)	160
ΔH(m/m)	0,00472903
F	0,486
L_CS(m)	262
ΔH_Cs	0,40215635
Eamont	307,08
Eaval	306,76
Eamont-Eaval	0,32
ΔP	0,0821564

- **Dimensionnement de la conduite primaire alimentant les conduites secondaires**

Tableau 75 : Notes de calcul pour le dimensionnement de la conduite primaire

Conduite primaire	
Q(m3/h)	139,92
V(m/s)	1,7
Dth(mm)	170,658263
DN(mm)	200
ΔH(m/m)	0,0062004
L_CP(m)	200
ΔH_CP	1,24007992
Eamont	307,08
Eaval	306,76
Eamont-Eaval	0,32
ΔP	0,9200799

❖ **Le système semi gravitaire**

❖ **Résultats du dimensionnement des canaux secondaires**

- Calage du canal secondaire CS11 appartenant au canal primaire CP1
-

Tableau 76 : Résultats du calage du CS11

P.M Point métrique	TN	Canal secondaire	Longueur	TN Max	Surface irriguée	Débit au tertiaire	Débit Modulé Prélevé	Débit au Tertiare	Débit cumulé	h Tirant d'eau	b Largeur au platond	A Section mouillée	P mouillé	Pente energie
(m)	m		CQ		(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m3/s)	(m)	(m)	(m2)	(m)	(cm/km)
0	307,09	CS12							0,020	0,15	0,2	0,030	0,5	**525,59**
5	307,03	CT121	100	307,08	0,47	1,41	2	2,5	0,018	0,15	0,2	0,030	0,5	402,40
25	306,85								0,018	0,15	0,2	0,030	0,5	402,40
50	306,59	CT122	100	306,29	0,50	1,5	2	2,5	0,015	0,15	0,2	0,030	0,5	295,64
75	306,32	chute							0,015	0,15	0,2	0,030	0,5	295,64
75	306,32	30 cm							0,015	0,15	0,2	0,030	0,5	295,64
100	305,99	CT123	100	305,96	0,50	1,5	2	2,5	0,013	0,15	0,2	0,030	0,5	205,31
125	305,74	chute							0,013	0,15	0,2	0,030	0,5	205,31
125	305,74	40 cm							0,013	0,15	0,2	0,030	0,5	205,31
150	305,58	CT124	100	305,13	0,5	1,5	2	2,5	0,010	0,15	0,2	0,030	0,5	131,40
175	305,33								0,010	0,15	0,2	0,030	0,5	131,40

200	305,04	CT125	100	304,95	0,50	1,5	2	2,5	0,008	0,15	0,2	0,030	0,5	374,17
225	304,79								0,008	0,15	0,2	0,030	0,5	73,91
250	304,56	CT126	100	304,46	0,50	1,5	2	2,5	0,005	0,15	0,2	0,030	0,5	32,85
275	304,31								0,005	0,15	0,2	0,030	0,5	32,85
300	304,12	CT127	100,00	304,04	0,5	1,5	2,00	2,5	0,003	0,15	0,2	0,030	0,5	8,21

Cote fond	PE Qmax	Contraintes	Différence	Pente	Vitesse		Hauteur canal	Hauteur canal retenu	Temps (mn)	Hauteur cavalier(m)
	Plan d'eau	Canaux Tertiaires	de charge	Fond canal		Cote Cavalier				
Projet	projet		(cm)	(cm/km)	(m/s)	(m)				
307,390	307,54			500,00	0,67	307,69	0,30	0,300	0,00	0,60
307,37	307,52	**307,380**	13,5	500,00	0,58	307,67	0,30	0,300	0,14	0,63
307,27	307,42			500,00	0,58	307,57	0,30	0,300	0,71	0,72
306,87	307,02	306,590	42,5	500,00	0,50	307,17	0,30	0,300	1,67	0,58
306,74	306,89			500,00	0,50	307,04	0,30	0,300	2,50	0,72

306,44	306,59			500,00	0,50	307,04	0,30	0,300	2,50	0,72
306,32	306,47	306,260	20,5	500,00	0,42	306,62	0,30	0,300	4,00	0,63
306,19	306,34			500,00	0,42	306,49	0,30	0,300	5,00	0,75
305,79	305,94			500,00	0,42	306,49	0,30	0,300	5,00	0,75
305,67	305,82	305,430	38,5	500,00	0,33	305,97	0,30	0,300	7,50	0,38
305,54	305,69			500,00	0,33	305,84	0,30	0,300	8,75	0,51
305,24	305,39	305,250	14,0	500,00	0,25	306,82	0,30	0,300	13,33	0,85
304,99	305,14			500,00	0,25	305,29	0,30	0,300	15,00	0,50
304,87	305,02	304,760	25,5	500,00	0,17	305,17	0,30	0,300	25,00	0,61
304,74	304,89			500,00	0,17	305,04	0,30	0,300	27,50	0,73
304,615	304,77	304,340	42,5	500,00	0,08	304,92	0,30	0,300	59,99	0,80

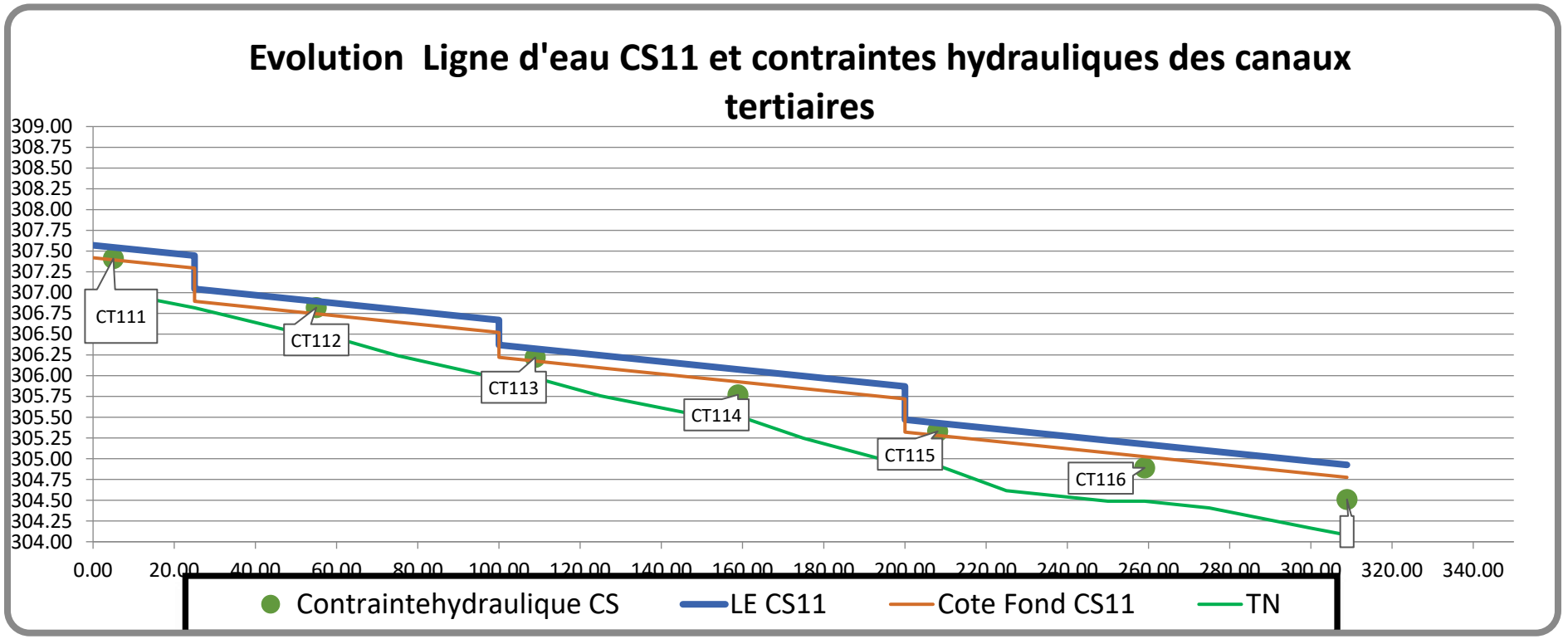


Figure 13 : Représentation graphique de l'évolution du plan d'eau, du fond radier du canal, des contraintes hydrauliques et du terrain naturel pour le calage du CS11

- **Calage du canal secondaire CS12 appartenant au canal primaire CP1**

Tableau 77 : Résultats du calage du CS12

Point métrique (m)	Cote TN m		Cote TN Max	Superficie parcelle (ha)	Débit (l/s)	Débit modulé (l/s)	Débit au Tertiaire (l/s)	Débit cumulé (m^3/s)	Tirant d'eau (m)	Largeur au plafond (m)	Fruit du talus	Section mouillée (m2)	Périmètre mouillé (m)	Pente energie (cm/km)
0,00	307,01	CS11						0,0200	0,15	0,2	0	0,030	0,500	525,589
5,00	307,01	CT111	307,11	0,3	0,9	1	1,25	0,0188	0,15	0,2	0	0,030	0,500	461,944
25,00	306,82	Chute de						0,0188	0,15	0,2	0	0,030	0,500	461,944
25,00	306,82	40 cm						0,0188	0,15	0,2	0	0,030	0,500	461,944
50,00	306,52							0,0188	0,15	0,2	0	0,030	0,500	461,944
55,00	306,52	CT112	306,52	0,42	1,26	1,5	1,88	0,0169	0,15	0,2	0	0,030	0,500	374,175
75,00	306,24							0,0169	0,15	0,2	0	0,030	0,500	374,175
97,28	306,00							0,0169	0,15	0,2	0	0,030	0,500	374,175
100,00	305,97	chute de						0,0169	0,15	0,2	0	0,030	0,500	374,175

100,00	305,97	30cm						0,0169	0,15	0,2	0	0,030	0,500	374,175
108,93	305,97	CT113	305,92	0,45	1,35	1,5	1,88	0,0150	0,15	0,2	0	0,030	0,500	295,644
125,00	305,76							0,0150	0,15	0,2	0	0,030	0,500	295,644
150,00	305,52							0,0150	0,15	0,2	0	0,030	0,500	295,644
158,87	305,52	CT114	305,47	0,45	1,35	1,5	1,88	0,0131	0,15	0,2	0	0,030	0,500	226,352
175,00	305,25							0,0131	0,15	0,2	0	0,030	0,500	226,352
200,00	304,92	Chute de						0,0131	0,15	0,2	0	0,030	0,500	226,352
200,00	304,92	40 cm						0,0131	0,15	0,2	0	0,030	0,500	226,352
208,08	304,92	CT115	305,03	0,45	1,35	1,5	1,88	0,0113	0,15	0,2	0	0,030	0,500	166,300
225,00	304,61							0,0113	0,15	0,2	0	0,030	0,500	166,300
250,00	304,49							0,0113	0,15	0,2	0	0,030	0,500	166,300
259,06	304,49	CT116	304,59	0,45	1,35	1,5	1,88	0,0094	0,15	0,2	0	0,030	0,500	115,486
275,00	304,41							0,0094	0,15	0,2	0	0,030	0,500	115,486
300,00	304,16							0,0094	0,15	0,2	0	0,030	0,500	115,486
308,89	304,08	CT117	304,21	0,44	1,32	1,5	1,875	0,0075	0,15	0,2	0	0,030	0,500	73,911

	Cote fond Projet Projet	Plan d'eau projet	Contraintes Canaux Tertiaires	Différence de charge (cm)	Pente Fond canal (cm/km)	Vitesse (m/s)	Cote Cavalier (m)	Hauteur canal	Hauteur canal retenu	Temps (mn)	Hauteur cavalier(m)
CS11	**307,420**	**307,570**			500,0	0,67	307,72	0,30	0,30	0,000	0,71
CT111	307,395	307,545	307,41	13,500	500,0	0,63	307,70	0,30	0,30	0,133	0,69
Chute de	307,295	307,445			500,0	0,63	307,60	0,30	0,30	0,667	0,78
40 cm	306,895	307,045			500,0	0,63	307,20	0,30	0,30	0,667	0,38
	306,770	306,920			500,0	0,63	307,07	0,30	0,30	1,333	0,55
CT112	306,745	306,895	306,82	7,500	500,0	0,56	307,05	0,30	0,30	1,630	0,52
	306,645	306,795			500,0	0,56	306,95	0,30	0,30	2,222	0,70
	306,534	306,684			500,0	0,56	306,83	0,30	0,30	2,882	0,83
chute de	306,520	306,670			500,0	0,56	306,82	0,30	0,30	2,963	0,85
30cm	306,220	306,370			500,0	0,56	306,82	0,30	0,30	2,963	0,85
CT113	306,175	306,325	306,22	10,535	500,0	0,50	306,48	0,30	0,30	3,631	0,50
	306,095	306,245			500,0	0,50	306,40	0,30	0,30	4,167	0,64
	305,970	306,120			500,0	0,50	306,27	0,30	0,30	5,000	0,75
CT114	305,926	306,076	305,77	30,565	500,0	0,44	306,23	0,30	0,30	6,052	0,71
	305,845	305,995			500,0	0,44	306,15	0,30	0,30	6,667	0,90

Chute de	305,720	305,870			500,0	0,44	306,02	0,30	0,30	7,619	1,10
40 cm	305,320	305,470			500,0	0,44	306,02	0,30	0,30	7,619	1,10
CT115	305,280	305,430	305,33	9,960	500,0	0,38	305,58	0,30	0,30	9,248	0,66
	305,195	305,345			500,0	0,38	305,50	0,30	0,30	10,000	0,88
	305,070	305,220			500,0	0,38	305,37	0,30	0,30	11,111	0,88
CT116	305,025	305,175	304,89	28,470	500,0	0,31	305,32	0,30	0,30	13,817	0,84
	304,945	305,095			500,0	0,31	305,25	0,30	0,30	14,667	0,84
	304,820	304,970			500,0	0,31	305,12	0,30	0,30	16,000	0,96
CT117	304,776	304,926	304,51	41,554	500,0	0,25	305,08	0,30	0,30	20,593	0,99

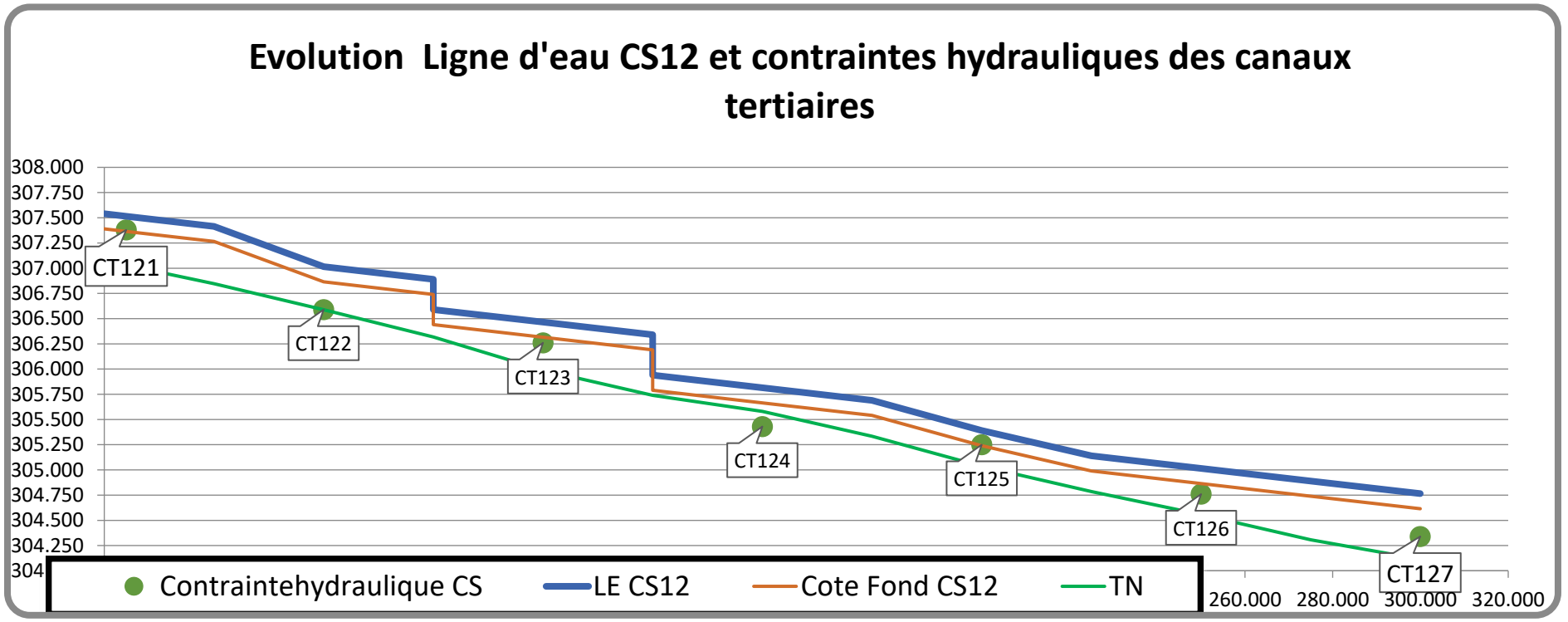


Figure 14 : Représentation graphique de l'évolution du plan d'eau, du fond radier du canal, des contraintes hydrauliques et du terrain naturel pour le calage du CS12

- **Calage du canal secondaire CS21 appartenant au canal primaire CP2**

Tableau 78 : Résultats du calage du CS21

P.M Point métrique (m)	TN m	Canal Quaternaire	Tn max (m)	Surface irriguée (ha)	Débit au Quaternaire (l/s)	Débit Modulé Prélevé (l/s)	Débit au Tertiaire (l/s)	Débit cumulé (m^3/s)	h Tirant d'eau (m)	b Largeur au platond (m)	m Fruit du talus	A Section mouillée (m2)	P mouillé Périmètre muillé (m)	Pente energie (cm/km)
0,00	306,18	CS22						0,020	0,15	0,2	0	0,030	0,500	525,589
25,00	306,09							0,020	0,15	0,2	0	0,030	0,500	525,589
28,30	306,09	CT221	305,99	0,17	0,51	1	1,25	0,019	0,15	0,2	0	0,030	0,500	461,944
50,00	305,81							0,019	0,15	0,2	0	0,030	0,500	461,944
50,00	305,81							0,019	0,15	0,2	0	0,030	0,500	461,944
75,00	305,45							0,019	0,15	0,2	0	0,030	0,500	461,944
78,30	305,45	CT222	305,03	0,22	0,66	1	1,25	0,018	0,15	0,2	0	0,030	0,500	402,404
100,00	305,10							0,018	0,15	0,2	0	0,030	0,500	402,404
125,00	304,69							0,018	0,15	0,2	0	0,030	0,500	402,404
128,30	304,69	CT223	304,8	0,38	1,14	1,5	1,88	0,016	0,15	0,2	0	0,030	0,500	320,794

150,00	304,38							0,016	0,15	0,2	0	0,030	0,500	320,794
150,00	304,38							0,016	0,15	0,2	0	0,030	0,500	320,794
175,00	304,09							0,016	0,15	0,2	0	0,030	0,500	320,794
178,30	304,09	CT224	304,01	0,45	1,35	1,5	1,88	0,014	0,15	0,2	0	0,030	0,500	248,423
200,00	303,80							0,014	0,15	0,2	0	0,030	0,500	248,423
200,00	303,80							0,014	0,15	0,2	0	0,030	0,500	248,423
225,00	303,44							0,014	0,15	0,2	0	0,030	0,500	248,423
228,30	303,44	CT225	303,50	0,50	1,5	2	2,50	0,011	0,15	0,2	0	0,030	0,500	166,300
250,00	303,20							0,011	0,15	0,2	0	0,030	0,500	166,300
275	303,01							0,011	0,15	0,2	0	0,030	0,500	166,300
278,3	303,01	CT226	302,95	0,73	2,19	2,5	3,125	0,008	0,15	0,2	0	0,030	0,500	86,743
300	302,74							0,008	0,15	0,2	0	0,030	0,500	86,743
300	302,74							0,008	0,15	0,2	0	0,030	0,500	86,743
325	302,48							0,008	0,15	0,2	0	0,030	0,500	86,743
333,262	302,44	CT227	302,44	1	3	3	3,75	0,004	0,15	0,2	0	0,030	0,500	25,150

Cote fond Projet	PE Qmax Plan d'eau projet	Contraintes Canaux Tertiaires	Différence de charge (cm)	Pente Fond canal (cm/km)	Vitesse (m/s)	Cote Cavalier (m)	Hauteur canal	Hauteur canal retenu	Temps (mn)	Hauteur cavalier
306,300	**306,450**			500,0	0,67	306,60	0,30		0,000	0,42
306,175	306,325			500,0	0,67	306,48	0,30		0,625	0,38
306,159	306,309	306,29	1,850	500,0	0,63	306,46	0,30		0,755	0,37
306,050	306,200			500,0	0,63	306,35	0,30		1,333	0,54
305,550	305,700			500,0	0,63	306,35	0,30		1,333	0,54
305,425	305,575			500,0	0,63	305,73	0,30		2,000	0,27
305,409	305,559	305,33	22,850	500,0	0,58	305,71	0,30		2,237	0,26
305,300	305,450			500,0	0,58	305,60	0,30		2,857	0,50
305,175	305,325			500,0	0,58	305,48	0,30		3,571	0,79
305,159	305,309	305,10	20,850	500,0	0,52	305,46	0,30		4,106	0,77
305,050	305,200			500,0	0,52	305,35	0,30		4,800	0,97
304,550	304,700			500,0	0,52	305,35	0,30		4,800	0,97

304,425	304,575			500,0	0,52	304,73	0,30		5,600	0,63
304,409	304,559	304,31	24,850	500,0	0,46	304,71	0,30		6,484	0,62
304,300	304,450			500,0	0,46	304,60	0,30		7,273	0,80
303,900	304,050			500,0	0,46	304,60	0,30		7,273	0,80
303,775	303,925			500,0	0,46	304,08	0,30		8,182	0,64
303,759	303,909	303,80	10,850	500,0	0,38	304,06	0,30		10,147	0,62
303,650	303,800			500,0	0,38	303,95	0,30		11,111	0,75
303,525	303,675			500,0	0,38	303,83	0,30		12,222	0,82
303,509	303,659	303,25	40,850	500,0	0,27	303,81	0,30		17,126	0,80
303,400	303,550			500,0	0,27	303,70	0,30		18,462	0,96
302,900	303,050			500,0	0,27	303,70	0,30		18,462	0,96
302,775	302,925			500,0	0,27	303,08	0,30		20,000	0,59
302,734	302,884	302,74	14,369	500,0	0,15	303,03	0,30		38,087	0,60

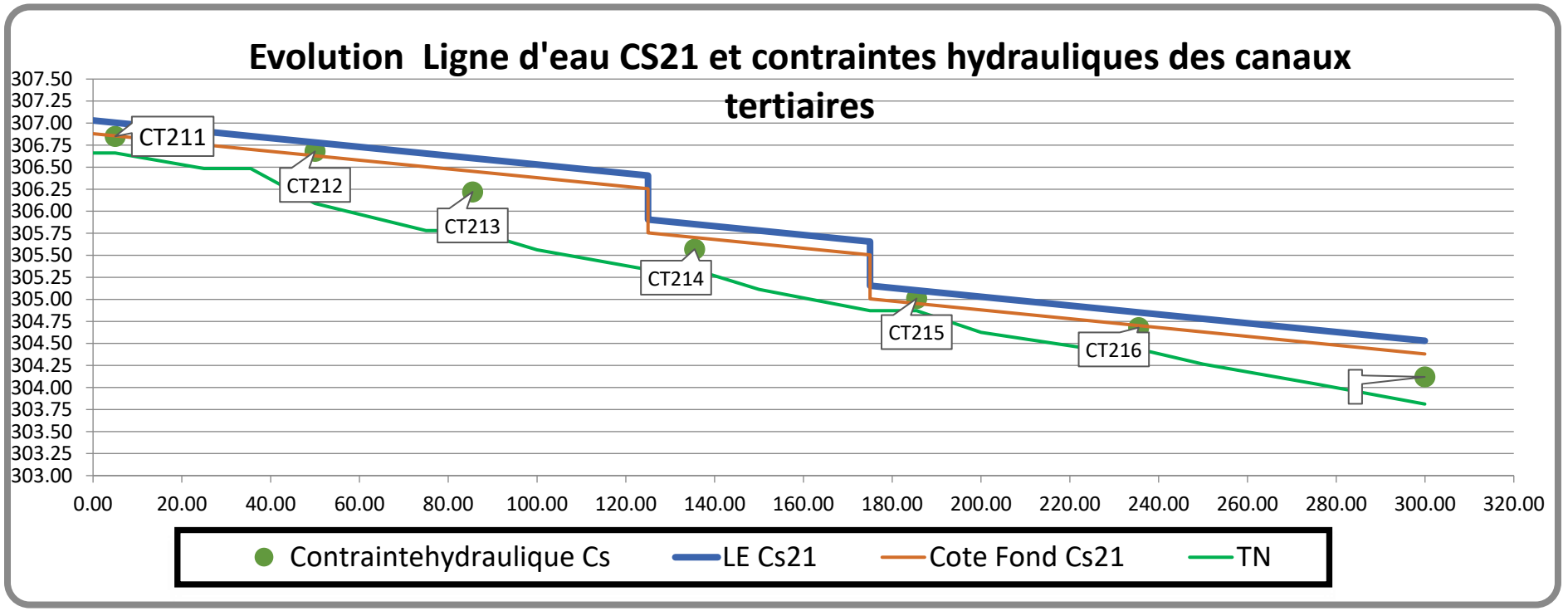


Figure 15 : Représentation graphique de l'évolution du plan d'eau, du fond radier du canal, des contraintes hydrauliques et du terrain naturel pour le calage du CS21

-

-

- **Calage du canal secondaire CS22 appartenant au canal primaire CP2**

Tableau 79 : Résultats du calage du CS22

P.M Point métrique (m)	TN m	Canal secondaire	Longueur (m) CQ	Tn max (m)	Surface irriguée (ha)	Débit au Quaternaire (l/s)	Débit Modulé Prélevé (l/s)	Débit au Tertiare (l/s)	Débit cumulé (m^3/s)	h Tirant d'eau (m)	b Largeur au platond (m)	m Fruit du talus	A Section mouillée (m2)	P mouillé Périmètre muillé (m)	Pente energie (cm/km)
0,00	306,66	CS21							0,0200	0,15	0,2	0	0,030	0,50	525,59
25,00	306,48								0,0190	0,15	0,2	0	0,030	0,50	474,34
35,50	306,48								0,0190	0,15	0,2	0	0,030	0,50	474,34
50,00	306,09	CT212	120	306,38	0,52	1,56	1,95	2,00	0,0170	0,15	0,2	0	0,030	0,50	379,74
75,00	305,78								0,0170	0,15	0,2	0	0,030	0,50	379,74
85,50	305,78	CT213	100	305,92	0,50	1,5	1,875	2,00	0,0150	0,15	0,2	0	0,030	0,50	295,64
100,00	305,56								0,0150	0,15	0,2	0	0,030	0,50	295,64
125,00	305,34	chute							0,0150	0,15	0,2	0	0,030	0,50	295,64
125,00	305,34	50 cm							0,0150	0,15	0,2	0	0,030	0,50	295,64
135,50	305,34	CT214	100	305,27	0,50	1,5	1,875	2	0,013	0,15	0,2	0	0,030	0,50	222,06

150,00	305,11								0,0130	0,15	0,2	0	0,030	0,50	222,06
175,00	304,87	chute							0,0130	0,15	0,2	0	0,030	0,50	222,06
175,00	304,87	50 cm							0,0130	0,15	0,2	0	0,030	0,50	222,06
185,50	304,87	CT215	100	304,71	0,50	1,5	1,875	2,00	0,0110	0,15	0,2	0	0,030	0,50	158,99
200,00	304,63								0,0110	0,15	0,2	0	0,030	0,50	158,99
225,00	304,44								0,0110	0,15	0,2	0	0,030	0,50	158,99
235,50	304,44	CT216	100	304,38	0,50	1,5	1,875	2,00	0,0090	0,15	0,2	0	0,030	0,50	106,43
250,00	304,27								0,0090	0,15	0,2	0	0,030	0,50	106,43
275	304,044								0,009	0,15	0,2	0	0,030	0,50	106,43
299,951	303,812	CT217	100	303,82	0,50	1,5	1,875	2	0,007	0,15	0,2	0	0,030	0,50	64,38

Cote fond Projet	PE Qmax Plan d'eau projet	Contraintes Canaux Tertiaires	Différence de charge (cm)	Pente Fond canal (cm/km)	Vitesse (m/s)	Cote Cavalier (m)	Hauteur canal	Hauteur canal retenu	Temps (mn)	Hauteur cavalier

306,880	**307,030**			500,0	0,67	307,18	0,30		0,000	0,52
306,855	307,005	306,85	**15,50**	500,0	0,63	307,16	0,30		0,132	0,49
306,755	306,905			500,0	0,63	307,06	0,30		0,658	0,57
306,703	306,853			500,0	0,63	307,00	0,30		0,934	0,52
306,630	306,780	306,68	10,00	500,0	0,57	306,93	0,30		1,471	0,84
306,505	306,655			500,0	0,57	306,81	0,30		2,206	1,02
306,453	306,603	306,22	38,25	500,0	0,50	306,75	0,30		2,850	0,97
306,380	306,530			500,0	0,50	306,68	0,30		3,333	1,12
306,255	306,405			500,0	0,50	306,56	0,30		4,167	1,22
305,755	305,905			500,0	0,50	306,56	0,30		4,167	1,22
305,703	305,853	305,57	28,25	500,0	0,43	306,00	0,30		5,212	0,67
305,630	305,780			500,0	0,43	305,93	0,30		5,769	0,82
305,505	305,655			500,0	0,43	305,81	0,30		6,731	0,93
305,005	305,155			500,0	0,43	305,81	0,30		6,731	0,93
304,953	305,103	305,01	9,25	500,0	0,37	305,25	0,30		8,432	0,38
304,880	305,030			500,0	0,37	305,18	0,30		9,091	0,55
304,755	304,905			500,0	0,37	305,06	0,30		10,227	0,62
304,703	304,853	304,68	17,250	500,0	0,30	305,00	0,30		13,083	0,57
304,630	304,780			500,0	0,30	304,93	0,30		13,889	0,66

304,505	304,655			500,0	0,30	304,81	0,30		15,278	0,76
304,380	304,530	304,12	41,02	500,0	0,23	304,68	0,30		21,425	0,87

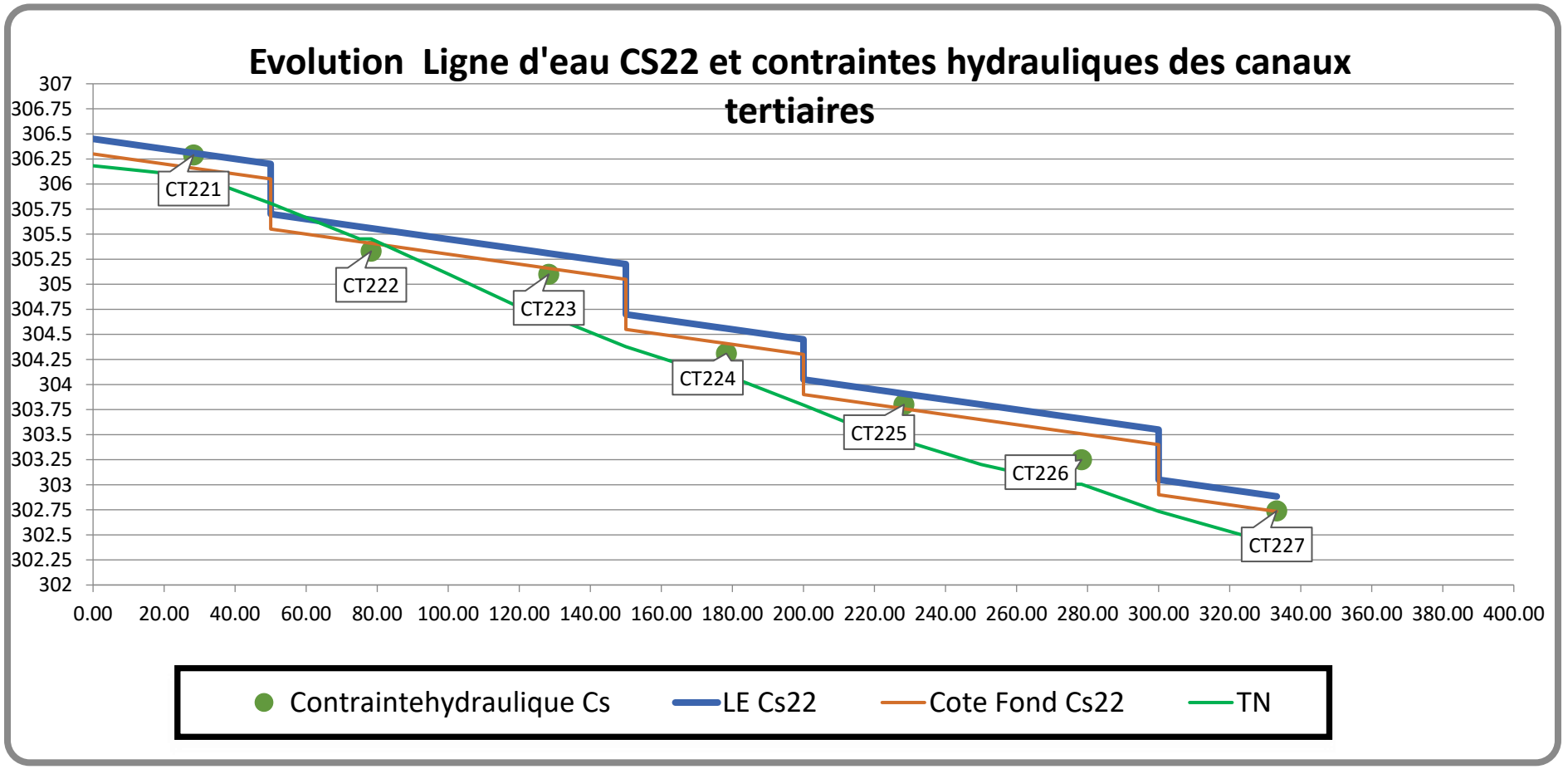


Figure 16 : Représentation graphique de l'évolution du plan d'eau, du fond radier du canal, des contraintes hydrauliques et du terrain naturel pour le calage du CS22

❖ Résultats du dimensionnement des canaux primaires

- **Calage du canal primaire CP1**

Tableau 80 : Résultats du calage du CP1

P.M Point métrique	TN	Canalaire	Longueur	Tn max	Surface irriguée	Débit au secondaire	Débit Modulé	Débit au secondaire	Débit cumulé	h Tirant d'eau	b Largeur au platond	m Fruit du talus	A Section mouillée	P mouillé Périmètre muillé	Pente energie
(m)	m		CT		(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m^3/s)	(m)	(m)		(m2)	(m)	(cm/km)
0,00	306,91	CP1							**0,050**	0,20	**0,30**	1,50	0,12	1,02	83,78
25,00	307,06								0,050	0,20	0,30	1,50	0,12	1,02	83,78
50,00	307,08								0,050	0,20	0,30	1,50	0,12	1,02	83,78
71,66	307,09	CS11	299,92	307,38	2,97	20,00	20,00	25,00	0,025	0,20	0,30	1,50	0,12	1,02	20,94
75,00	307,09								0,025	0,20	0,30	1,50	0,12	1,02	20,94
100,00	307,11								0,025	0,20	0,30	1,50	0,12	1,02	20,94
121,66	307,01	CS12	308,89	307,41	2,96	20,00	20,00	25,00	0,000	0,20	0,30	1,50	0,12	1,02	0,00

Cote fond	PE Qmax Plan d'eau	Contraintes Canaux Secondaires LE	Différence de charge	Contraintes Cote fond radier	Pente Fond canal	Vitesse	Cote Cavalier	Hauteur canal	Temps (mn)	Hauteur cavalier
Projet	projet		(cm)		(cm/km)	(m/s)	(m)	m	mn	m
307,60	**307,80**				100,00	0,42	308,00	0,40	0,000	1,09
307,58	307,78				100,00	0,42	307,98	0,40	1,000	0,92
307,55	307,75				100,00	0,42	307,95	0,40	2,000	0,87
307,53	307,73	307,53	19,83	307,39	100,00	0,21	307,93	0,40	5,733	0,84
307,53	307,73				100,00	0,21	307,93	0,40	6,000	0,84
307,50	307,70				100,00	0,21	307,90	0,40	8,000	0,79
307,48	307,68	307,56	11,83	307,42	100,00	0,00	307,88	0,40	0	0,87

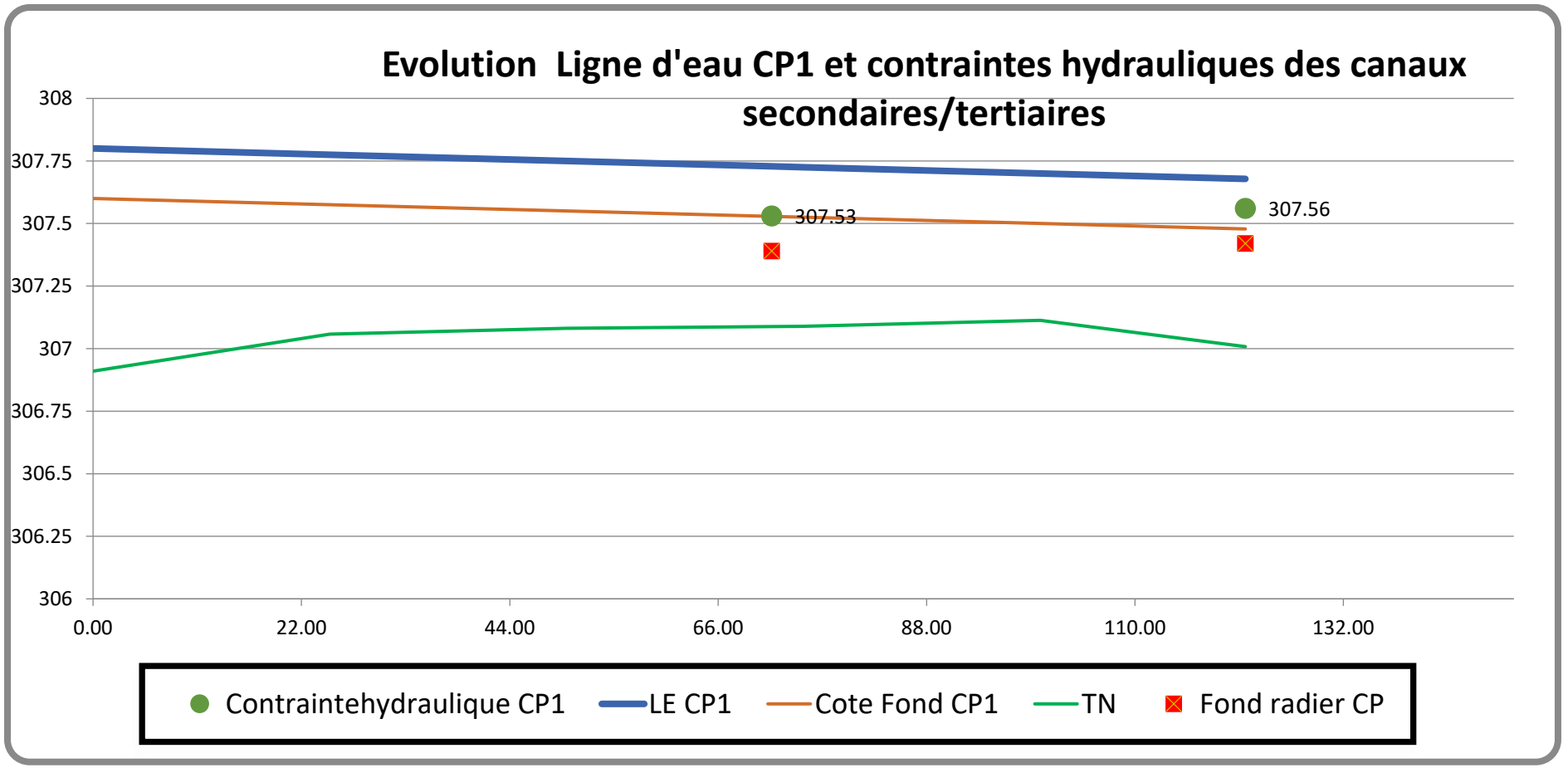


Figure 17 : Représentation graphique de l'évolution du plan d'eau, du fond radier du canal, des contraintes hydrauliques et du terrain naturel pour le calage du CP1

- **Calage du canal secondaire CP2**

Tableau 81 : Résultats du calage du CP1

P.M Point métrique	TN	Canal tertiaire	Longueur (m)	Tn max (m)	Surface irriguée	Débit au tertiaire	Débit Modulé Prélevé	Débit au secondaire	Débit cumulé	h Tirant d'eau	b Largeur au platond	m Fruit du talus	A Section mouillée	P mouillé Périmètre muillé	Pente energie
(m)	m		CS		(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m^3/s)	(m)	(m)		(m2)	(m)	(cm/km)
0,00	306,90	CP2							**0,050**	**0,20**	**0,30**	1,50	0,12	1,02	83,78
25,00	306,68								0,050	0,20	0,30	1,50	0,12	1,02	83,78
30,83	306,66	CS21	299,95	306,85	2,64	20,00	20,00	20,00	0,030	0,20	0,30	1,50	0,12	1,02	30,16
50,00	306,60								0,030	0,20	0,30	1,50	0,12	1,02	30,16

75,00	306,52								0,030	0,20	0,30	1,50	0,12	1,02	30,16
87,29	306,43								0,030	0,20	0,30	1,50	0,12	1,02	30,16
100,00	306,43								0,030	0,20	0,30	1,50	0,12	1,02	30,16
100,00	306,43								0,030	0,20	0,30	1,50	0,12	1,02	15,13
125,00	306,39								0,030	0,20	0,30	1,50	0,12	1,02	30,16
143,64	306,18	CS22	333,26	306,29	3,45	20,00	20,00	20,00	0,010	0,20	0,30	1,50	0,12	1,02	3,35

Cote fond	PE Qmax	Contraintes	Différence	Cote fond radier	Pente	Vitesse		Hauteur canal	Hauteur canal retenu	Temps (mn)	Hauteur cavalier
	Plan d'eau	Canaux secondaires	de charge		Fond canal		Cote Cavalier				

		LE		Fond radier							
Projet	projet		(cm)	m	(cm/km)	(m/s)	(m)	m	m	mn	m
306,90	**307,20**				300,00	**0,42**	307,40	0,50		0,000	0,50
306,83	307,13				300,00	0,42	307,33	0,50		1,000	0,64
306,81	307,11	307,00	10,75	306,88	300,00	0,25	307,31	0,50		2,056	0,65
306,75	307,05				300,00	0,25	307,25	0,50		3,333	0,65
306,68	306,98				300,00	0,25	307,18	0,50		5,000	0,66
306,64	306,94				300,00	0,25	307,14	0,50		5,819	0,71
306,60	306,90				300,00	0,25	307,10	0,50		6,667	0,67
306,40	306,70				300,00	0,18	307,10	0,50		9,412	0,67
306,33	306,63				300,00	0,25	306,83	0,50		8,333	0,44
306,27	306,57	306,44	12,91	306,30	300,00	0,08	306,77	0,50		28,728	0,59

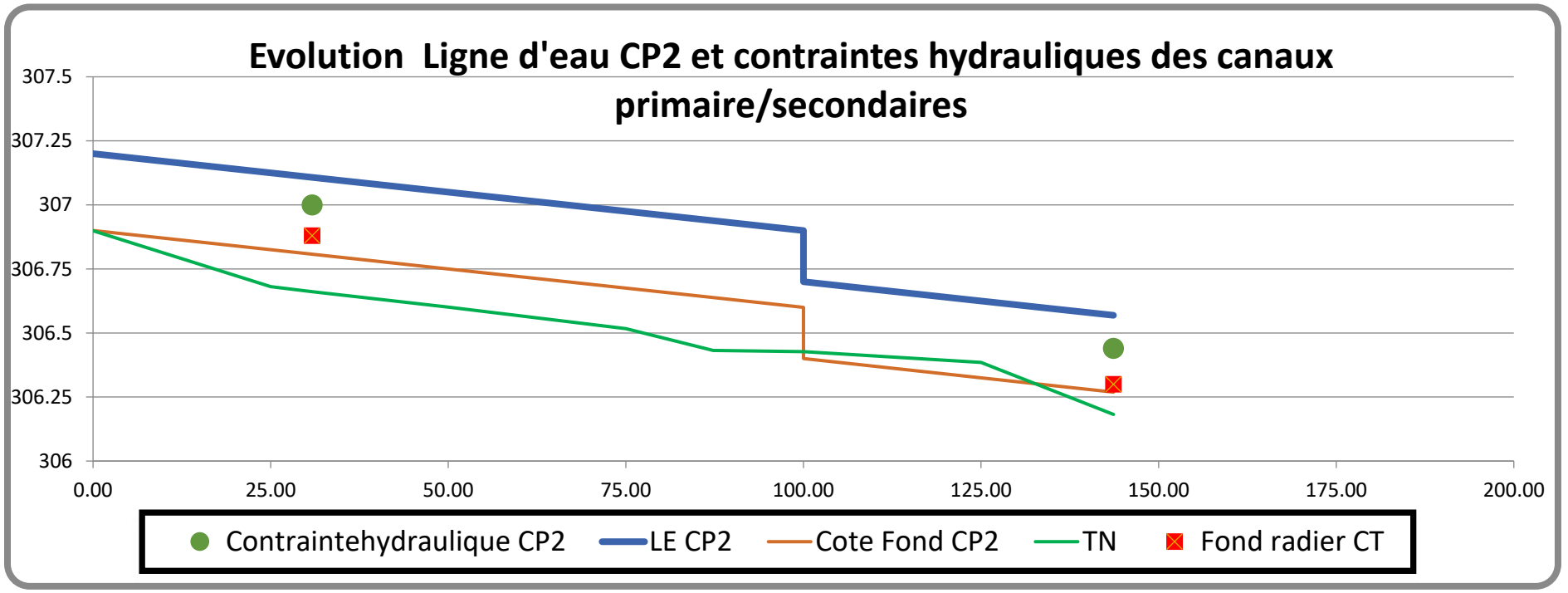


Figure 18 : Représentation graphique de l'évolution du plan d'eau, du fond radier du canal, des contraintes hydrauliques et du terrain naturel pour le calage du CP2

ANNEXE 6 : Notice d'impact environnemental et social

❖ Objectif de NIES

L'objectif de la notice d'impact environnemental est de déterminer et d'évaluer la nature et le niveau des impacts sur l'environnement et les populations susceptibles d'être générés par les travaux d'aménagement et d'exploitation du périmètre irrigué de Pa. Elle vise également à proposer des mesures d'atténuation des impacts négatifs et de renforcement des impacts positifs accompagnées d'un dispositif de suivi et de surveillance environnementale.

❖ Contexte et justification

Le contexte sécuritaire et les effets du changement climatique ont contribué à une baisse de la production agricole sur l'ensemble du territoire burkinabé. La production demeure insuffisante malgré la campagne en saison pluvieuse et en saison sèche sur certains périmètres irrigués disposant d'un point d'eau. Pour pallier cette situation, le MAEARH a instauré une politique de production en continu visant trois campagnes par an sur les périmètres irrigués dans le but d'accroitre la production céréalière et d'atteindre l'autosuffisance alimentaire. C'est dans ce cadre que s'inscrit le projet d'aménagement du périmètre irrigué de Pa.

❖ Catégorisation du projet

Conformément au décret n°2015-1187/PRES-TRANS/PM/MERH, les travaux, ouvrages, aménagements et activités susceptibles d'avoir des impacts directs ou indirects sur la nature sont classés en trois catégories :

- Catégorie **A** : Activités soumises à une Étude d'Impact Environnemental et Social (EIES)
- Catégorie **B** : Activités soumises à une Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES)
- Catégorie **C** : Activités faisant l'objet de prescriptions environnementales et sociales

Les projets d'aménagements et d'équipement de périmètre irrigué agricole de superficie comprise entre 10 et 50 ha sont classés en catégorie B. Le projet d'aménagement du périmètre irrigué de Pa est donc classé en catégorie B et nécessite une NIES.

❖ Cadre politique, juridique et institutionnel

- Cadre politique

Sur le plan politique, nous avons :

- Le plan National de Développement Economique et Social (PNDES)
- La politique Nationale de Développement Durable (PNDD)
- Le programme national d'adaptation aux changements climatiques
- La politique Nationale en matière d'environnement (PNE)
- La politique Nationale de l'Eau (2016-2030)
- La politique nationale d'hygiène publique
- Le programme national d'approvisionnement en eau potable 2016-2030(PN-AEP)
- Le programme national d'assainissement des eaux usées et excreta PN-AEUE (2016-2030)
- Le programme national pour la gestion intégrée des ressources en eau PN-GIRE (2016-2020)
- Le programme de Gouvernance du secteur Eau et Assainissement PGEA (2016-2030)
- Le programme national des aménagements hydrauliques (PNAH)
- Le plan d'action pour la gestion intégrée des ressources en eau
- La politique nationale en matière de gestion des ressources en eau
- La politique nationale de sécurisation foncière en milieu rural

- Cadre juridique

- La Loi n° 034-2012/AN du 02 Juillet 2012 Portant Réorganisation Agraire et Foncière au Burkina Faso
- La Loi n° 006-2013/AN du 02 avril 2013 Portant Code de l'environnement au Burkina Faso
- Burkina Faso La Loi n° 003-2011/AN du 05 avril 2011 portant Code forestier au Burkina Faso
- La Loi n° 28-2008/AN du 13 mai 2008 Portant Code du travail Burkina Faso
- La Loi n°23/94/ADP du 09 Mai 1994 Portant Code de la Santé Publique

- La Loi n° 034-2012/AN du 02 Juillet 2012 Portant Réorganisation Agraire et Foncière au Burkina Faso La Loi n° 006-2013/AN du 02 avril 2013 Portant Code de l'environnement au Burkina Faso
- La Loi n° 003-2011/AN du 05 avril 2011 portant Code forestier au Burkina Faso
- La Loi n° 28-2008/AN du 13 mai 2008 Portant Code du travail Burkina Faso
- La Loi n°23/94/ADP du 09 Mai 1994 Portant Code de la Santé Publique
- La loi N°008-2014/AN portant loi d'orientation sur le Développement Durable au Burkina Faso
- La Loi n° 022-2005/AN du 25 mai 2005 Portant Code de l'Hygiène Publique au Burkina Faso
- La Loi n°002-2001/AN du 8 février 2001 portant loi d'orientation relative à la gestion de l'eau
- La Loi N°034-2009/AN du 16 juin 2009 portant Régime foncier rural
- La Loi relative à la sécurisation foncière en milieu rural
- La Loi n°055-2004/AN du 21 décembre 2004 portant Code Général des Collectivités Territoriales au Burkina Faso
- La Loi N°017 -2014/AN du 20 mai 2014 portant interdiction de la production, de l'importation, de la commercialisation et de la distribution des emballages et sachets plastiques non biodégradables
- Le Décret n°2015-1187 / PRES-TRANS / PM/ MERH / MATD / MME / MS / MARHASA / MRA / MICA / MHU / MIDT / MCT portant conditions et procédures de réalisation et de validation de l'évaluation environnementale stratégique, de l'étude et de la notice d'impact environnemental et social
- Le Décret n°2015-1205 / PRES-TRANS / PM/ MERH / MARHASA / MS / MRA / MICA / MME / MIDT / MATD / portant normes et conditions de déversements des eaux usées
- Le Décret N°98-322/PRES/PM/MEE/MCIA/MEM/MS/MATS/METSS/ MEF portant conditions d'ouverture et de fonctionnement des établissements dangereux, insalubres et incommodes
- Le Décret N°98-323/PRES/PM/MATS/MIHU/MS/MTT du 28 juillet 1998, portant réglementation de la collecte, du stockage, du transport, du traitement et de l'élimination des déchets urbains

- Le Décret n°2001-185/PRES/PM/MEE du 7 mai 2001 portant fixation des normes de rejets de polluants dans l'air, l'eau et le sol
- Le Décret N°2015-1200/PRES-TRANS/PM/MERH/MME/MICA/MS/MIDT/MCT du 28 octobre 2015 portant modalités de réalisation de l'audit environnemental
- Le Décret N°2006-590/PRES/PM/MAHRH/MECV/MRA du 6 décembre 2006 portant protection des écosystèmes aquatiques
- Le Décret N°2004-580/PRES/PM/MAHRH/MFB du 15 décembre 2004 portant utilisations domestiques de l'eau
- Le Décret n° 2014-481/PRES/PM/MATD/MEF/MHU du 03 juin 2014 déterminant les conditions et les modalités d'application de la loi n°034-2012/AN du 02 juillet 2012 portant réorganisation agraire et foncière au Burkina Faso
- Le Décret N°2009 672/PRES/PM/MEF/MPF du 8 juillet 2009 portant politique nationale genre
- L'arrêté n° 2004-019/MECV du 07 juillet 2004 portant détermination de la liste des espèces forestières bénéficiant de mesures de protection particulière

- **Cadre institutionnel**

- **Le ministère de l'agriculture, de l'eau, des ressources animales et halieutiques (MEARH)** assure la planification, la coordination, la mise en œuvre ainsi que le suivi-évaluation des activités du projet. Il veille également à l'intégration des préoccupations environnementales et sociales dans toutes les phases du projet, depuis la conception jusqu'à l'exploitation des ouvrages.
- **L'agence nationale des évaluations environnementales (ANEVE)** est une structure spécialisée du MEARH, responsable de l'analyse et de la validation des EIES/NIES du suivi du PGES et des inspections environnementales.
- **Les directions régionale et provinciales du MEARH** de la région de Bankui, seront chargées de suivre et de rendre compte du niveau d'avancer des activités sur le site.

❖ **Méthode d'indentification et d'évaluation des impacts**

- Méthode d'identification des impacts

L'identification des impacts a été réalisée avec la matrice de Léopold qui met en relation les activités génératrices d'impacts et les composantes du milieu récepteur. Les composantes du milieu récepteur prises en compte pour le projet sont :

Le milieu biophysique : l'air, l'ambiance sonore, les eaux, la faune, la flore et le sol

Le milieu socio-économique : l'économie, la santé et la sécurité, l'emploi et la qualité de vie.

Chaque interrelation sera considérée comme un impact sur l'environnement. Les cases correspondantes aux impacts identifiés seront marquées par des croix.(Identification Et Évaluation Des Impacts)

Tableau 82 Tableau d'évaluation des impacts

Phase du projet	Source d'impact	Milieu récepteur									
		Milieu biophysique						Milieu socio-économique			
		Air	Nuisance sonore	Eaux	Faune	Flore	Sol	Economie	Santé et sécurité	Emploie	Qualité de vie
Phase de préparation	Installation du chantier et d'une base-vie	X	X	X	X	X	X		X	X	X
	Aménagements des pistes d'accès	X	X		X	X	X		X	X	X
	Débroussaillage, défrichement et décapage du sol	X	X		X	X	X			X	X
Phase d'exécution	Terrassement et nivellement	X	X	X	X	X	X		X	X	X
	Creusements des canaux et tranchées pour la pose des conduites	X	X	X	X	X	X		X	X	X

	Mise en place du bassin de dissipation et de la station de pompage	X	X	X			X		X	X	X
Exploitation	Mise en service du réseau			X			X	X	X	X	X
	Utilisation des engrais et des pesticides	X		X	X	X	X		X		X
	Récoltes et ventes							X	X	X	
Fin de chantier	Repli du matériel	X	X						X	X	X

❖ **Méthode d'évaluation des impacts**

Les impacts identifiés à l'aide de la matrice de Léopold sont évalués avec la matrice de Fecteau généralement utilisée dans les études d'impact environnemental. La matrice de Fecteau se base sur trois critères à savoir l'intensité, l'étendue et la durée de l'impact. La combinaison de ces critères permet de déterminer l'importance absolue de l'impact.

- **La nature**

La nature de l'impact peut être négative ou positive. Elle est négative lorsque l'impact entraine une dégradation ou une détérioration de la composante du milieu et positive lorsque l'impact améliore la qualité ou le fonctionnement de la composante du milieu.

- **L'intensité**

L'intensité de l'impact correspond au degré de modification ou de perturbation sur une composante du milieu. Elle peut être :

- Forte : lorsque l'impact entraine une dégradation importante ou une modification majeure de la composante affectée
- Moyenne : lorsque l'impact provoque des modifications significatives sans toutefois altérer de manière irréversible la composante
- Faible : lorsque les modifications engendrées sont peu significatives et ne compromettent pas le fonctionnement du milieu.

- **La portée ou l'étendue** fait référence à la superficie touchée par l'impact et à la portion de la population affectée.

Elle peut être :

- Ponctuelle : lorsque l'impact se limite à une petite portion du site ou de sa population
- Locale : lorsque l'impact s'étend sur toute l'étendue du site
- Régionale : lorsque l'impact s'étend en dehors du site

- **La durée** représente la période pendant laquelle les effets seront ressentis dans le milieu.

Elle peut être :

- Courte : lorsque l'impact est ressenti de façon temporaire, généralement pendant l'accomplissement d'une activité.
- Moyenne : lorsque l'impact est ressenti de façon temporaire sur une période de temps après que l'activité ait eu lieu
- Longue : lorsque l'impact est ressenti sur une période égale ou supérieure à toute la durée du projet

- **L'importance absolue** sera déterminée à partir de la matrice de Fecteau à partir de la durée, l'intensité et l'étendue. Elle sera qualifiée de majeure, moyenne ou mineure selon le tableau ci-dessous.

Tableau 83 : Evaluation de l'importance des impacts du projet

Intensité	Étendue	Durée	Importance
Forte	Régionale	Longue	Majeure
		Moyenne	Majeure
		Courte	Majeure
	Locale	Longue	Majeure
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Moyenne
	Ponctuelle	Longue	Majeure
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Mineure
Moyenne	Régionale	Longue	Majeure
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Moyenne
	Locale	Longue	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Moyenne
	Ponctuelle	Longue	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Mineure
Faible	Régionale	Longue	Majeure
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Mineure
	Locale	Longue	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Mineure
	Ponctuelle	Longue	Mineure
		Moyenne	Mineure
		Courte	Mineure

Tableau 84: Evaluation de l'importance des impacts du projet durant phase préparatoire

Phase préparatoire						
Composante	Impact potentiel	Nature	Intensité	Étendue	Durée	Importance
Air	Émission de poussières et de gaz liées aux activités de débroussaillage	Négatif	Moyenne	Locale	Courte	Moyenne
Ambiance sonore	Nuisance sonore dues aux travaux du chantier	Négatif	Moyenne	Ponctuelle	Courte	Mineure
Eaux	Risque de pollution des eaux	Négatif	Moyenne	Locale	Courte	Moyenne
Faune	Déplacement et perturbation des espèces animales locales	Négatif	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne
Flore	Dégradation du couvert végétal et réduction de la diversité floristique	Négatif	Forte	Locale	Longue	Majeure
Sol	Dégradation de la couche superficielle du sol et risques d'érosion	Négatif	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne
Santé et sécurité	Exposition des ouvriers aux risques d'accidents	Négatif	Moyenne	Locale	Courte	Mineure
Emploi	Création d'emplois pour les populations locales	Positif	Faible	Locale	Courte	Mineure
Qualité de vie	Perturbation temporaire du cadre de vie des riverains	Négatif	Faible	Ponctuelle	Courte	Mineure

Tableau 85: Evaluation de l'importance des impacts du projet durant phase d'exécution des travaux

PHASE D'EXÉCUTION DES TRAVAUX						
Composante	Impact potentiel	Nature	Intensité	Étendue	Durée	Importance
Air	Émission de poussières liées aux travaux de terrassement et de nivellement	Négatif	Moyenne	Ponctuelle	Courte	Mineure
Ambiance sonore	Nuisances sonores dues à l'utilisation des engins lourds de chantier	Négatif	Moyenne	Ponctuelle	Courte	Mineure
Eaux	Risque de contamination du cours d'eau par les déchets	Négatif	Moyenne	Locale	Courte	Moyenne
	Risque d'atteinte à la nappe phréatique lors du creusement des tranchées	Négatif	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne
Faune	Fuite et dérangement des espèces animales	Négatif	Moyenne	Ponctuelle	Moyenne	Mineure
Flore	Disparition de la végétation sur les zones de creusement et de pose des conduites	Négatif	Forte	Ponctuelle	Longue	Moyenne
Sol	Modification de la structure et de la texture du sol par les creusements	Négatif	Forte	Ponctuelle	Courte	Moyenne
Santé et sécurité	Exposition des travailleurs aux risques d'accidents	Négatif	Moyenne	Ponctuelle	Courte	Moyenne
Emploi	Génération d'opportunités d'emplois pour les populations	Positif	Forte	Locale	Longue	Majeure
Qualité de vie	Perturbation des activités agricoles sur les zones de travaux	Négatif	Moyenne	Ponctuelle	Courte	Mineure

Tableau 86: Evaluation de l'importance des impacts du projet durant phase d'exploitation

PHASE D'EXPLOITATION						
Composante	Impact potentiel	Nature	Intensité	Étendue	Durée	Importance
Air	Réduction de la poussière grâce à l'humidification des sols par l'irrigation	Positif	Faible	Locale	Longue	Mineure
Nuisance sonore	Génération de bruit lié au fonctionnement de la station de pompage	Négatif	Faible	Ponctuelle	Longue	Mineure
Eaux	Risque de pollution du cours d'eau due à la contamination par les engrais et pesticides utilisés	Négatif	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne
Faune	Risques d'intoxication liés à l'utilisation des pesticides	Négatif	Moyenne	Locale	Longue	Moyenne
Flore	Développement et amélioration de la couverture végétale des parcelles irriguées	Positif	Forte	Locale	Longue	Majeure
Sol	Pollution et appauvrissement des sols due à l'utilisation non rationnelle d'engrais et de pesticides	Négatif	Forte	Locale	Longue	Majeure
Santé et sécurité	Prolifération des maladies hydriques et risques d'accidents de travails	Négatif	Forte	Locale	Longue	Majeure
Emploi	Création d'emplois pour les populations locales	Positif	Moyenne	Locale	Longue	Majeure
Qualité de vie	Amélioration des revenus et des conditions de vie des producteurs	Positif	Forte	Locale	Longue	Majeure

❖ Plan de gestion environnemental et social

PHASE PRÉPARATOIRE/TRAVAUX					
Composante	**Impact potentiel**	**Mesures d'atténuation/Bonification**	**Acteurs**	**Indicateurs de vérification**	**Coût**
Air	Émission de poussières et de gaz liées au débroussaillage	Arroser régulièrement des zones de travaux et les voix d'accès, limitation des vitesses des engins	Entreprise	Fréquence d'arrosage par jour	Inclus dans chantier
Ambiance sonore	Nuisances sonores dues aux travaux	Réaliser les travaux bruyants hors des heures de repos de la population (entre 7h-18h)	Entreprise	Respect des horaires et nombres de plaintes enregistrées	Inclus chantier
Eaux	Risque de pollution des eaux	Mettre en place des systèmes de collecte des déchets et interdire le rejet dans le cours d'eau	Entreprise	Nombre de bacs de collecte installés sur le chantier et l'absence de déchets aux abords du cours d'eau	Inclus chantier
Faune	Déplacement des espèces locales et destruction de leurs habitat	Sensibiliser les ouvriers à la protection de la faune et leurs interdire la chasse	Entreprise	Nombre d'	Inclus chantier

Flore	Dégradation du couvert végétal	Limiter le débroussaillage à l'emprise du projet et réaliser un reboisement en fonction de la réglementation en vigueur	Entreprise	Nombre d'arbre planté et superficie réellement défricher	Inclus chantier
Sol	Pollution des sols	Mettre en place des systèmes de collecte des déchets	Entreprise	Nombre de bacs de collecte installés sur le chantier	Inclus chantier
	Modification de la structure et de la texture du sol	Remise en état des sols après travaux		Mettre en place un plan de remise en état	
Santé et sécurité	Exposition des ouvriers aux risques d'accidents	Rendre obligatoire le port des EPI et réaliser une session de formation en santé et sécurité avant démarrage du chantier Disposer d'un kit de premier secours	Entreprise	Taux de port des EPI sur le chantier et nombre d'accidents enregistrés sur le chantier	Inclus chantier
Emploi	Création d'emplois pour les populations locales	Prioriser le recrutement de la main d'œuvre locale	Entreprise	Pourcentage de la main d'œuvre locale recrutée	Inclus chantier

Qualité de vie	Perturbation temporaire du cadre de vie des riverains	Informer et sensibiliser des riverains avant les travaux	Entreprise	Taux de la population informé avant le début des travaux	Inclus chantier

PHASE D'EXPLOITATION					
Composante	**Impact potentiel**	**Mesures d'atténuation/Bonification**	**Acteurs**	**Indicateurs de vérification**	**Coût**
Eaux	Pollution du cours d'eau due à la contamination par les engrais et les pesticides	Sensibiliser et former les exploitants à l'utilisation des pesticides et des engrais	Entreprise	Le nombre d'exploitant respectant les doses recommandées	Inclus chantier
Faune	Intoxication des animaux liés à l'utilisation des pesticides	Encourager l'utilisation des pesticides homologués et biodégradables Former les exploitants aux bonnes pratiques phytosanitaires	Entreprise	Le nombre d'exploitants utilisant les pesticides homologués Le taux de mortalité observé	Inclus chantier
Flore	Développement et amélioration de la couverture végétale grâce au périmètre irrigué	Mettre en place un calendrier d'irrigation	Entreprise	Taux de couverture végétale	Inclus chantier

Sol	Pollution et appauvrissement des sols dû à l'utilisation d'engrais et de pesticides	Formation des producteurs aux bonnes pratiques agricoles	Entreprise	Le nombre d'exploitant respectant les doses recommandées	Inclus chantier
Santé et sécurité	Prolifération des maladies hydriques et risques d'accidents de travail	Mettre en place des latrines sur le périmètre Sensibiliser les producteurs sur l'hygiène et les maladies hydriques	Entreprise	Existence de latrine sur le périmètre Nombre de cas de maladie hydrique observé	Inclus chantier
Qualité de vie	Conflits d'intérêt lié à l'utilisation de l'eau et de l'espace	Mettre en place un comité de gestion du périmètre	Entreprise		Inclus chantier
	Amélioration des revenus et des conditions de vie des producteurs	Mettre en place un système de commercialisation des produits Renforcer les connaissances des exploitants en technique de production	Entreprise	Revenu moyen des producteurs Quantité de produits commercialisés par campagne	Inclus chantier

ANNEXE 7 : Analyse financière

Le coût d'investissement de chaque système ainsi que les charges d'exploitation seront évalués

- ❖ Les coûts d'investissement de chaque

- **Evaluation du coût du projet pour le système par aspersion**

Tableau 87 : Le coût d'investissement du système par aspersion

N°	Désignation	U	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)
I	PRIX GENERAUX				
1.1.	Installation de chantier, amenée et repli du matériel	ff	1,00	6 000 000,00	6 000 000,00
1.2.	Elaboration des dossiers d'exécution et de recollement	ff	1,00	3 000 000,00	3 000 000,00
1.3.	Panneau d'identification du périmètre de dimension 100x120 fixé sur un support de pied en IPN de 100 ancré de 0,50m dans le sol et 1,00m hors sol portant les indications qui seront précisées par le maitre d'ouvrage	ff	1,00	150 000,00	150 000,00
	SOUS TOTAL 1 : PRIX GENERAUX		0,00		9 150 000,00
II	Irrigation par aspersion				
2.1	**Les équipements**				
	Asperseurs avec tous les équipements	U	6 912,00	6 000,00	41 472 000,00
	Conduite PEHD PN10 DN25	ml	24 000,00	1 640,00	39 360 000,00
	Conduite PEHD PN10 DN50	ml	2 400,00	1 554,00	3 729 600,00
	Conduite PEHD PN10 DN63	ml	942,50	4 300,00	4 052 750,00
	Conduite PEHD PN10 DN160	ml	524,00	9 560,00	5 009 440,00
	Conduite PEHD PN10 DN200	ml	200,00	12 830,00	2 566 000,00
	Excavation et remblai pour pose des conduites	m3	500,00	6 000,00	3 000 000,00
2.2	**Accessoires de Raccordements**				

	Té 50	u	20,00	300,00	6 000,00
	Té 63	u	15,00	500,00	7 500,00
	Té 160	u	2,00	600,00	1 200,00
	Réducteur 50/25	u	480,00	2 000,00	960 000,00
	Réducteur 63/50	u	48,00	2 500,00	120 000,00
	Réducteur 160/63	u	12,00	3 000,00	36 000,00
	Réducteur 200/160	u	2,00	3 500,00	7 000,00
	Coude	u		550,00	0,00
	Bouchon DN25	u	480,00	2 500,00	1 200 000,00
	Bouchon DN50	u	48,00	4 200,00	201 600,00
	Bouchon DN63	u	12,00	5 700,00	68 400,00
	Bouchon DN160	u	2,00	6 500,00	13 000,00
	Bouchon DN200	u	2,00	8 000,00	16 000,00
	Joints de Raccords et embout	ff	1,00	100 000,00	100 000,00
2.3	**Accessoires de robinetterie**				
	Vannette DN25	u	960,00	1 800,00	1 728 000,00
	Vannette DN50	u	48,00	2 200,00	105 600,00
	Vannette DN63	u	12,00	5 500,00	66 000,00
	Vannette DN160	u	2,00	8 000,00	16 000,00
	Vannette DN200	u	1,00	12 200,00	12 200,00
	SOUS TOTAL irrigation par aspersion				103 854 290,00
III	**Station de pompage**				0,00
3.1.	Réalisation de plateformes flottantes pour électropompes de la station de pompage y compris abri et toutes sujétions	ff	1,00	2 000 000,00	2 000 000,00
3.2.	Construction de local technique contenant les équipements (5m2) y compris toutes sujétions	U	1,00	750 000,00	750 000,00
3.3	Fourniture et installation d'une électropompe y compris accessoires (flexibles d'aspiration, crépines, clapets, coffret ,dispositif de raccordement de l'électropompe à la conduite de refoulement, pièces de rechanges et une caisse à outil), essai des électropompes y compris toutes sujétions	u	1,00	3 500 000,00	3 500 000,00

3.4	Formation des exploitants des stations de pompage	ff	1,00	200 000,00	200 000,00
	SOUS TOTAL station de pompage				6 450 000,00
IV	**Source d'énergie**				
4.1	Fourniture et pose de panneaux solaires et installation de support métalliques et câblages d'alimentation pour panneaux y compris toutes sujétions	U	100,00	250 000,00	25 000 000,00
4.2	Fourniture et pose d'un onduleur d'au moins 25KVA	U	1,00	1 200 000,00	1 200 000,00
4.3	Mise en place d'un système de protection des équipements (électropompes…), parafoudre, mise à la terre, y compris toute sujétions	U	1,00	102 500,00	102 500,00
4.4	Fourniture et pose de clôture grillagée de maille 5cm avec des cornières lourdes de hauteur 2m y compris portes et toutes sujétions pour le champ solaire	ml	60,00	7 000,00	420 000,00
	SOUS TOTAL source d'energie				26 722 500,00
V	**Equipement supplémentaire**				
5.1	Filtre à sable		1,00	700 000,00	700 000,00
5.2	Injecteur Venturi	U	1,00	350 000,00	350 000,00
5.3	Clapet anti-retour		1,00	18 500,00	18 500,00
5.4	Manomètres	U	3,00	2 500,00	7 500,00
5.5	Compteur	U	3,00	95 000,00	285 000,00
5.6	Purgeur d'aire	U	5,00	10 000,00	50 000,00
5.7	Ventouse	U	3,00	45 000,00	135 000,00
	SOUS TOTAL autres ouvrages				1 546 000,00
VI	Ouvrages annexes				0,00
	Magasins de stockage	ff	1,00	1 000 000,00	1 000 000,00
	Local matériel	ff	1,00	1 000 000,00	1 000 000,00
	Latrines	ff	1,00	800 000,00	800 000,00

	Clôture du périmètre irrigué	ff	1,00	2 000 000,00	2 000 000,00
	Pistes d'accès internes	ml	800,00	3 500,00	2 800 000,00
	Réseau de drainage	ff	1,00	1 500 000,00	1 500 000,00
	SOUS TOTAL Ouvrages annexes				9 100 000,00
	Montant total HTVA				156 822 790,00
	TVA (18%)				28 228 102,20
	Montant total TTC				180 050 892,20
	Cout à l'hectare				13 337 103,13

- **Evaluation du coût du projet pour le système semi gravitaire**

Tableau 88 : Le coût d'investissement du système par aspersion

N°	Désignation	U	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total_Marché (FCFA)
I	**PRIX GENERAUX**				
1.1.	Installation de chantier, amenée et repli du matériel	ff	1,00	6 000 000	6 000 000
1.2.	Elaboration des dossiers d'exécution et de recollement	ff	1,00	3 000 000	3 000 000
1.3.	Panneau d'identification du périmètre de dimension 100x120 fixé sur un support de pied en IPN de 100 ancré de 0,50m dans le sol et 1,00m hors sol portant les indications qui seront précisées par le maitre d'ouvrage	ff	1,00	150 000	150 000
	SOUS TOTAL 1 : PRIX GENERAUX		-		**9 150 000**
II	**STATION DE POMPAGE**				
2.1.	Réalisation de plateformes flottantes pour électropompes de la station de pompage y compris abri et toutes sujétions	ff	1,00	2 000 000	2 000 000

2.2.	Construction de local technique contenant les équipements (5m2) y compris toutes sujétions	U	1,00	750 000	750 000,00
2.3.	Fourniture et installation d'une électropompe y compris accessoires (flexibles d'aspiration, crépines, clapets ,coffret , dispositif de raccordement de l'électropompe à la conduite de refoulement, pièces de rechanges et une caisse à outil), essai des électropompes y compris toutes sujétions	u	PM	3 500 000	-
2.4.	Formation des exploitants des stations de pompage	ff	1,00	200 000	200 000
	SOUS TOTAL 2				**2 950 000**
III	**SOURCE D'ENERGIE**				
3,1	Fourniture et pose de panneaux solaires et installation de support métalliques et câblages d'alimentation pour panneaux y compris toutes sujétions	U	35,00	250 000	8 750 000,00
3,2	Fourniture et pose d'un onduleur d'au moins 25KVA	U	1,00	1 200 000	1 200 000,00
3,8	Mise en place d'un système de protection des equipements (électropompes…), parafoudre, mise à la terre, y compris toute sujétions	U	1,00	102 500	102 500,00
3,9	Fourniture et pose de clôture grillagée de maille 5cm avec des cornières lourdes de hauteur 2m y compris	ml	60,00	7 000	420 000,00

	portes et toutes sujétions pour le champ solaire				
	SOUS TOTAL SOURCE D'ENERGIE 3				**10 472 500**
IV	**RESEAU D'IRRIGATION**				-
4,1	CONDUITE DE REFOULEMENT				-
4.1.1	Fourniture et pose de la conduite de refoulement, lit de sable, remblai y compris toutes sujétions,	ml	695,00	24 000	16 680 000
	Total 4.1				**16 680 000,00**
4,2	**CANAUX PRIMAIRES**				-
4.2.1	Décapage (20 cm)	m²	900,00	500	450 000
4.2.2	Remblai compacte aux engins conformément au plan et ouverture des cunettes y compris toutes sujétions	m3	1 445,30	8 000	11 562 386
4.2.5	Béton propreté dosé à 150kg/m3	m3	5,31	70 000	371 420
4.2.6	Béton armé (350 kg/m3) pour la dalle du canal (ép.=10 cm)	m3	68,40	210 000	14 363 364
4.2.7	Joint bitumineux (tous les 4m)	ml	361,32	3 500	1 264 636
	Total 4.2				**28 011 805,83**
4.3.	**Canaux secondaires**				
4.3.1	Décapage (20 cm)	m²	8 600,00	500	4 300 000
4.3.2	Remblai compacté aux engins y compris ouverture des cunettes et toutes sujétions	m3	508,00	8 000	4 064 000
4.3.3	Béton propreté dosé à 150kg/m3	m3	33,19	70 000	2 323 125
4.3.4	Béton armé (350 kg/m3) pour canal (ép.=10 cm)	m3	177,00	210 000	37 170 000

	TOTAL 4.3				**47 857 125**
4,3	**Ouvrage sur réseau d'irrigation (de prise, de sécurité, de chute, de franchissement et de régulation sur réseau d'irrigation)**				-
4.3.1	Ouvrage de sécurité et de régulation sur le canal primaire conformément aux plans y compris toutes sujétions	u	4,00	55 000	220 000
4.3.2	Ouvrage de décharge sur le canal primaire conformément aux plans y compris toutes sujétions	u	1,00	125 000	125 000
4.3.3	Ouvrage de décharge sur les canaux secondaires conformément aux plans y compris toutes sujétions	u	6,00	100 000	600 000
4.3.4	Ouvrage de prises secondaires sur canal primaire conformément aux plans y compris toutes sujétions	u	65,00	30 000	1 950 000
4.3.5	Ouvrage de prises TOR sur canaux secondaires type 1 (Prise simple gauche ou droite) conformément aux plans y compris toutes sujétions.	u	28,00	25 000	700 000
	Réalisation de chute sur les canaux	u	11,00	75 000	825 000
	Réalisation des dalots	ff	1,00	2 000 000	2 000 000
	Réalisation des bassins de dissipation	ff	2,00	500 000	1 000 000
	Sous total 4.3				**6 420 000,00**
	SOUS TOTAL RESEAU D'IRRIGATION				**98 968 930,83**

V	**RESEAU DE DRAINAGE**				
5.1.	Réalisation d'une colature y compris toutes sujétions	ml	400,00	6 000	2 400 000
5.2.	Réalisation des drains en terrain meuble ou compact	ml	200,00	6 000	1 200 000
	TOTAL RESEAU DE DRAINAGE				**3 600 000,00**
VI	**AMENAGEMENT INTERNES / TRAVAUX DE TERRASSEMENT**				
6,1	Réalisation de piste centrale en remblai latéritique (largeur 6m) y compris décapage et toutes sujétions	ml	350,00	12 500	4 375 000,00
6,1	Réalisation de piste secondaire en remblai latéritique (largeur 3m) y compris décapage et toutes sujétions	ml	700,00	6 000	4 200 000,00
6,1	Abattage et dessouchage des arbres de diamètre supérieur à 0,50 m mesuré à 1 m du sol	ff	1,00	75 000	75 000,00
6,1	Labour	ha	13,50	75 000	1 012 500,00
6,1	Planage	ha	2,00	250 000	500 000,00
	SOUS TOTAL AMENAGEMENTS TERMINAUX OUVRAGES CONNEXES				**10 162 500,00**
	MONTANT TOTAL HTVA				**135 303 930,83**
	TVA (18%)				**24 354 707,55**
	MONTANT TOTAL TTC				**159 658 638,38**

11 826 565,81

ci

❖ Evaluation des charges d'exploitation pour chaque culture et pour chaque système

- Les charges d'exploitation du système par aspersion

Tableau 89 : Les charges d'exploitation du riz

	Unité	Quantités	Prix unitaire	Prix total
Semences de riz	Kg	100	525	52500
Engrais NPK	Kg	150	17500	17500
Engrais Urée	Kg	100	15000	15000
Fumure	Kg	200	4000	4000
Produits phytosanitaires	L	3	5000	15000
Sarclage	Ha	1	20000	20000
Labour	Ha	1	30000	30000
Semi ou repiquage	Ha	1	30000	30000
Désherbage	Ha	1	30000	30000
Battage	Ha	1	30000	30000
Vanage	Ha	1	30000	30000
Fertilisation du sol	ff	1	20000	20000
Récolte	ff	1	20000	20000
Sacs de conditionnement	U	200	500	100000
Transport	ff	1	50000	50000
Maintenace du système d'irrigation et de la pompe	ff	1	1000000	1000000
COUT TOTAL A L'HECTARE				1464000
COUT TOTAL				19764000
Rendement	Kg/ha	6500	200	1300000
pertes(10%)	Kg/ha	650	200	130000
Total				1170000
Marges nettes				
Marge brute				1170000
Charges total				1464000
Marges nettes				294000
Marge nettes total				3969000

Tableau 90 : Les charges d'exploitation du blé

	Unité	Quantités	Prix unitaire	Prix total
Semences de blé	Kg	150	2000	300000
Engrais NPK	Kg	200	17500	17500
Engrais Urée	Kg	100	15000	15000
Fumure	Kg	200	4000	4000
Produits phytosanitaires	L	3	5000	15000
Sarclage	Ha	1	20000	20000
Labour	Ha	1	30000	30000
Semi ou repiquage	Ha	1	30000	30000
Désherbage	Ha	1	15000	15000
Battage	Ha	1	30000	30000
Vanage	Ha	1	30000	30000
Fertilisation du sol	ff	1	20000	20000
Récolte	ff	1	30000	30000
Sacs de conditionnement	U	200	500	100000
Transport	ff	1	50000	50000
Maintenace du système d'irrigation et de la pompe	ff	1	1000000	1000000
COUT TOTAL A L'HECTARE				1706500
COUT TOTAL				23037750
Rendement	Kg/ha	10000	500	5000000
pertes(10%)	Kg/ha	1000	500	500000
Total				4500000
Marges nettes				
Marge brute				4500000
Charges total				1706500
Marges nettes				2793500
Marge nettes total				37712250

Tableau 91 : Les charges d'exploitation du maïs

	Unité	Quantités	Prix unitaire	Prix total
Semences de maïs	Kg	150	1000	150000
Engrais NPK	Kg	200	17500	17500
Engrais Urée	Kg	200	15000	15000
Fumure	Kg	300	4000	4000
Produits phytosanitaires	L	3	5000	15000
Sarclage	Ha	1	20000	20000
Labour	Ha	1	30000	30000
Semi ou repiquage	Ha	1	30000	30000
Désherbage	Ha	1	15000	15000
Battage	Ha	1	30000	30000
Vanage	Ha	1	30000	30000
Fertilisation du sol	ff	1	20000	20000
Récolte	ff	1	30000	30000
Sacs de conditionnement	U	200	500	100000
Transport	ff	1	50000	50000
Maintenace du système d'irrigation et de la pompe	ff	1	1000000	1000000
COUT TOTAL A L'HECTARE				1556500
COUT TOTAL				21012750
Rendement	Kg/ha	8000	170	1360000
pertes(10%)	Kg/ha	800	170	136000
Total				1224000
Marges nettes				
Marge brute				1224000
Charges total				1556500
Marges nettes				-332500
Marge nettes total				-4488750

- **Les charges d'exploitation du semi gravitaire**

Tableau 92 : Les charges d'exploitation du riz

	Unité	Quantités	Prix unitaire	Prix total
Semences de riz	Kg	100	525	52500
Engrais NPK	Kg	150	17500	17500
Engrais Urée	Kg	100	15000	15000
Fumure	Kg	200	4000	4000
Produits phytosanitaires	L	3	5000	15000
Sarclage	Ha	1	20000	20000
Labour	Ha	1	30000	30000
Semi ou repiquage	Ha	1	30000	30000
Désherbage	Ha	1	30000	15000
Battage	Ha	1	30000	30000
Vannage	Ha	1	30000	30000
Fertilisation du sol	ff	1	20000	20000
Récolte	ff	1	20000	20000
Sacs de conditionnement	U	200	500	100000
Transport	ff	1	50000	50000
Maintenance du système d'irrigation et de la pompe	ff	1	750 000,00	750000
COUT TOTAL A L'HECTARE				1199000
COUT TOTAL				16186500
Rendement	Kg/ha	6500	200	1300000
pertes(10%)	Kg/ha	650	200	130000
Total				1170000
Marges nettes				
Marge brute				1170000
Charges total				1199000
Marges nettes				101000
Marge nettes total				1363500

Tableau 93 : Les charges d'exploitation du blé

	Unité	Quantités	Prix unitaire	Prix total
Semences de blé	Kg	150	2000	300000
Engrais NPK	Kg	200	17500	17500
Engrais Urée	Kg	100	15000	15000
Fumure	Kg	200	4000	4000
Produits phytosanitaires	L	3	5000	15000
Sarclage	Ha	1	20000	20000
Labour	Ha	1	30000	30000
Semi ou repiquage	Ha	1	30000	30000
Désherbage	Ha	1	20000	20000
Battage	Ha	1	30000	30000
Vannage	Ha	1	30000	30000
Fertilisation du sol	ff	1	20000	20000
Récolte	ff	1	30000	30000
Sacs de conditionnement	U	200	500	100000
Transport	ff	1	50000	50000
Maintenance du système d'irrigation et de la pompe	ff	1	750 000,00	750000
COUT TOTAL A L'HECTARE				1461500
COUT TOTAL				19730250
Rendement	Kg/ha	10000	500	5000000
Pertes (10%)	Kg/ha	1000	500	500000
Total				4500000
Marges nettes				
Marge brute				4500000
Charges total				1461500
Marges nettes				3038500
Marge nettes total				41019750

Tableau 94 : Les charges d'exploitation du maïs

	Unité	Quantités	Prix unitaire	Prix total
Semences de maïs	Kg	150	1000	150000
Engrais NPK	Kg	200	17500	17500
Engrais Urée	Kg	200	15000	15000
Fumure	Kg	300	4000	4000
Produits phytosanitaires	L	3	5000	15000
Sarclage	Ha	1	20000	20000
Labour	Ha	1	30000	30000
Semi ou repiquage	Ha	1	30000	30000
Désherbage	Ha	1	15000	15000
Battage	Ha	1	30000	30000
Vannage	Ha	1	30000	30000
Fertilisation du sol	ff	1	20000	20000
Récolte	ff	1	30000	30000
Sacs de conditionnement	U	200	500	100000
Transport	ff	1	50000	50000
Maintenance du système d'irrigation et de la pompe	ff	1	750 000,00	750000
COUT TOTAL A L'HECTARE				1306500
COUT TOTAL				17637750
Rendement	Kg/ha	8000	170	1360000
pertes (10%)	Kg/ha	800	170	136000
Total				1224000
Marges nettes				
Marge brute				1224000
Charges total				1306500
Marges nettes				-82500
Marge nettes total				-1113750

ANNEXE 8 : FICHE D'ENQUÊTE

Choix d'un système d'irrigation adapté aux producteurs ruraux

Étude : Analyse comparative de deux systèmes d'irrigation (aspersion et semi gravitaire)

I. Informations générales

- Date : ____ /____ /____
- Village : _____
- Nom de l'enquêteur : _____
- Sexe :
  - ☐ Homme
  - ☐ Femme
- Âge :
  - ☐ Moins de 30 ans
  - ☐ 30–45 ans
  - ☐ 46–60 ans
  - ☐ Plus de 60 ans

II. Activité agricole

1. Depuis combien d'années pratiquez-vous l'agriculture ?
   - ☐ Moins de 5 ans
   - ☐ 5 à 10 ans
   - ☐ Plus de 10 ans
2. Quelle est la superficie que vous irriguez ?

- ☐ Moins de 1 ha
- ☐ 1 à 2 ha
- ☐ Plus de 2 ha

3. Quelles cultures produisez-vous ?

III. Accès à l'eau

4. Votre parcelle dispose-t-elle d'une source d'eau permanente ?
   - ☐ Oui
   - ☐ Non
5. Avez-vous déjà rencontré des difficultés liées à la disponibilité de l'eau ?
   - ☐ Oui
   - ☐ Non

Si oui, lesquelles ?

IV. Expérience en irrigation

6. Utilisez-vous actuellement un système d'irrigation ?
   - ☐ Oui
   - ☐ Non

Si oui, lequel ?

7. Êtes-vous satisfait de ce système ?
    - ☐ Très satisfait
    - ☐ Satisfait
    - ☐ Peu satisfait
    - ☐ Pas satisfait

V. Critères de choix du système d'irrigation

Selon vous, les critères suivants sont-ils importants ?

Critère	Peu important	Important	Très important
Économie d'eau	☐	☐	☐
Facilité d'utilisation	☐	☐	☐
Facilité d'entretien	☐	☐	☐
Adaptation aux cultures	☐	☐	☐
Uniformité de l'irrigation	☐	☐	☐
Durabilité des équipements	☐	☐	☐
Besoin limité en main-d'œuvre	☐	☐	☐

VI. Préférence entre les deux systèmes

Après présentation des deux systèmes :

8. Lequel préférez-vous ?

- ☐ Aspersion
- ☐ Semi gravitaire

9. Pourquoi ?

10. Quels sont, selon vous, les avantages du système choisi ?

11. Quelles difficultés anticipez-vous avec ce système ?

VII. Observations de l'enquêteur

Signature de l'enquêté (facultatif) : _____

Signature de l'enquêteur : _____

- **Plan de masse du périmètre**

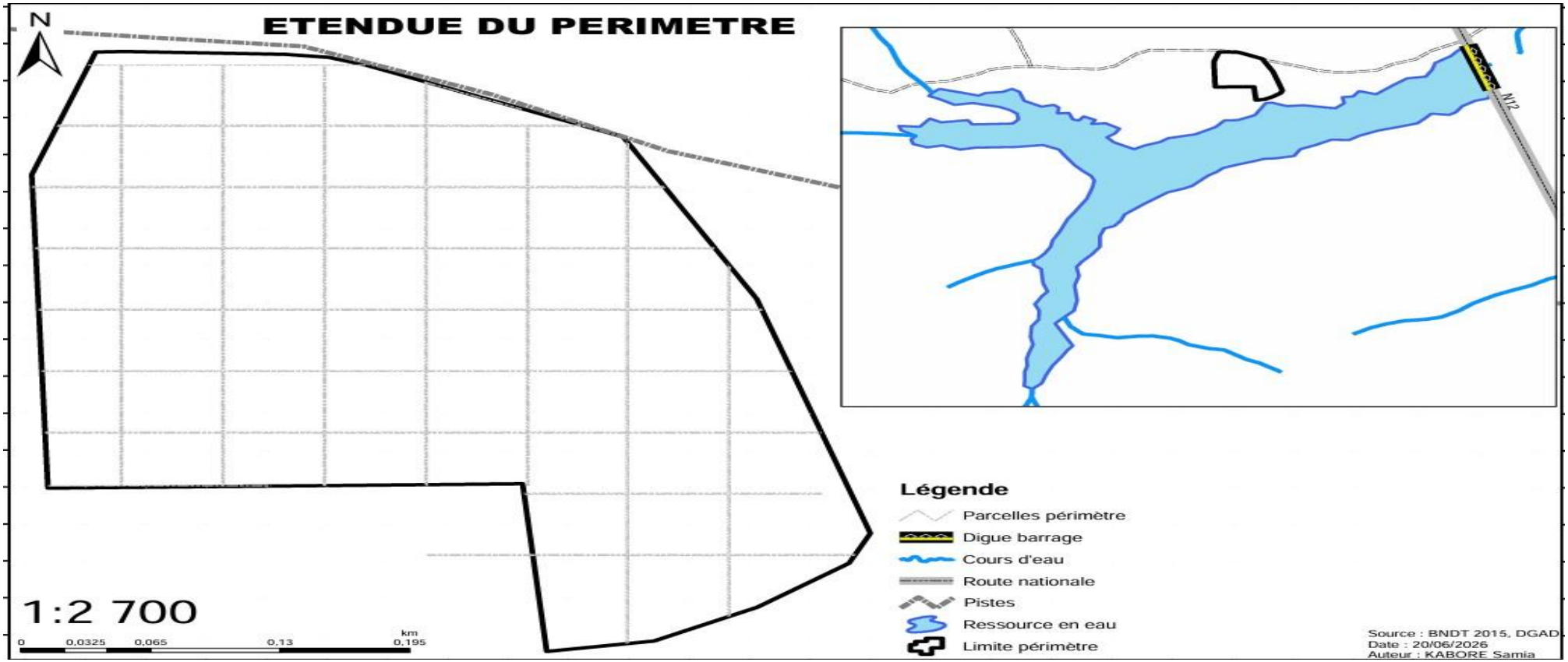


Figure 19 : Plan de masse du périmètre

- **Plan de masse du système semi gravitaire**

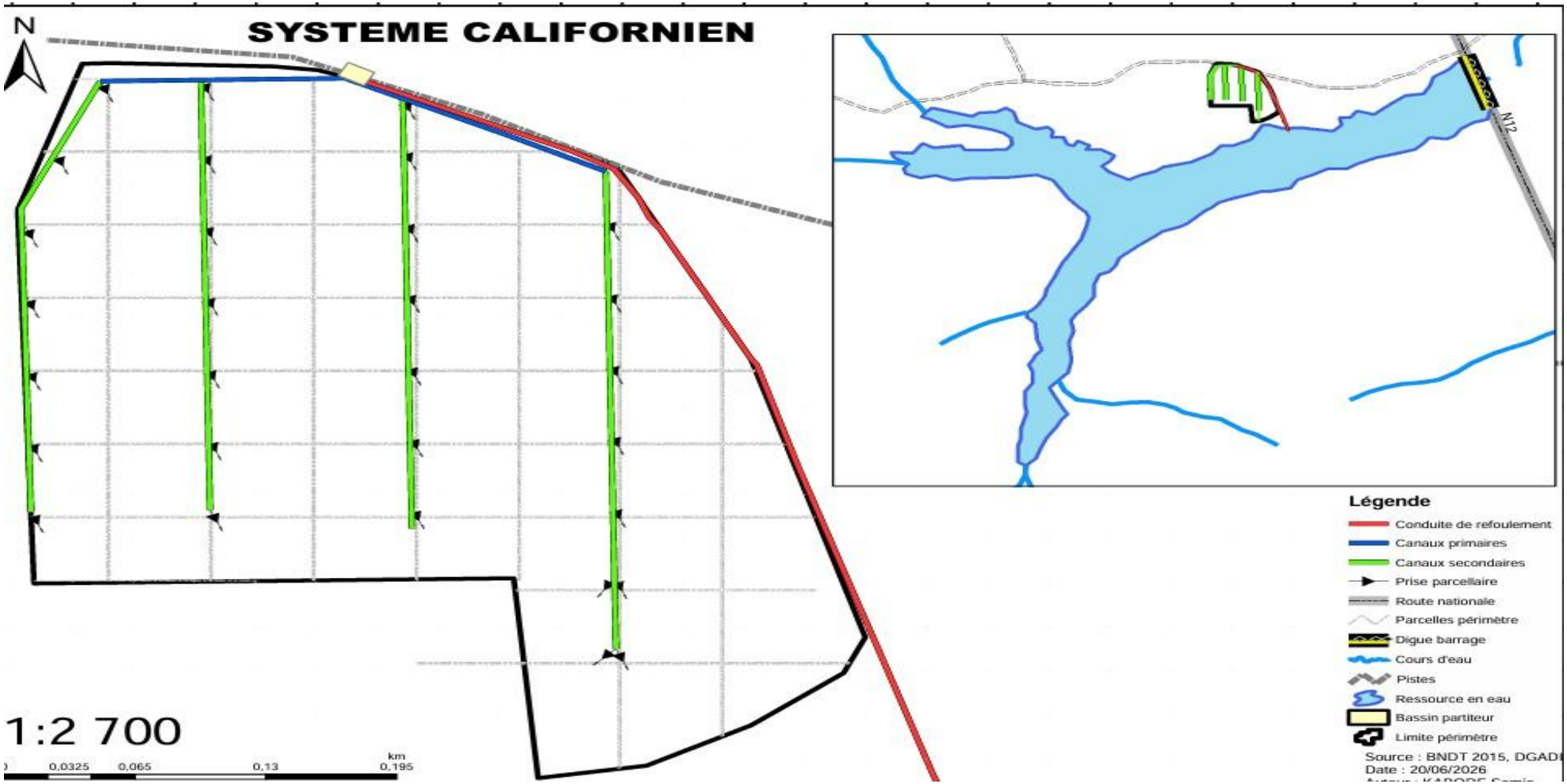


Figure 20 : Plan de masse du système semi gravitaire

- **Plan de masse du système par aspersion**

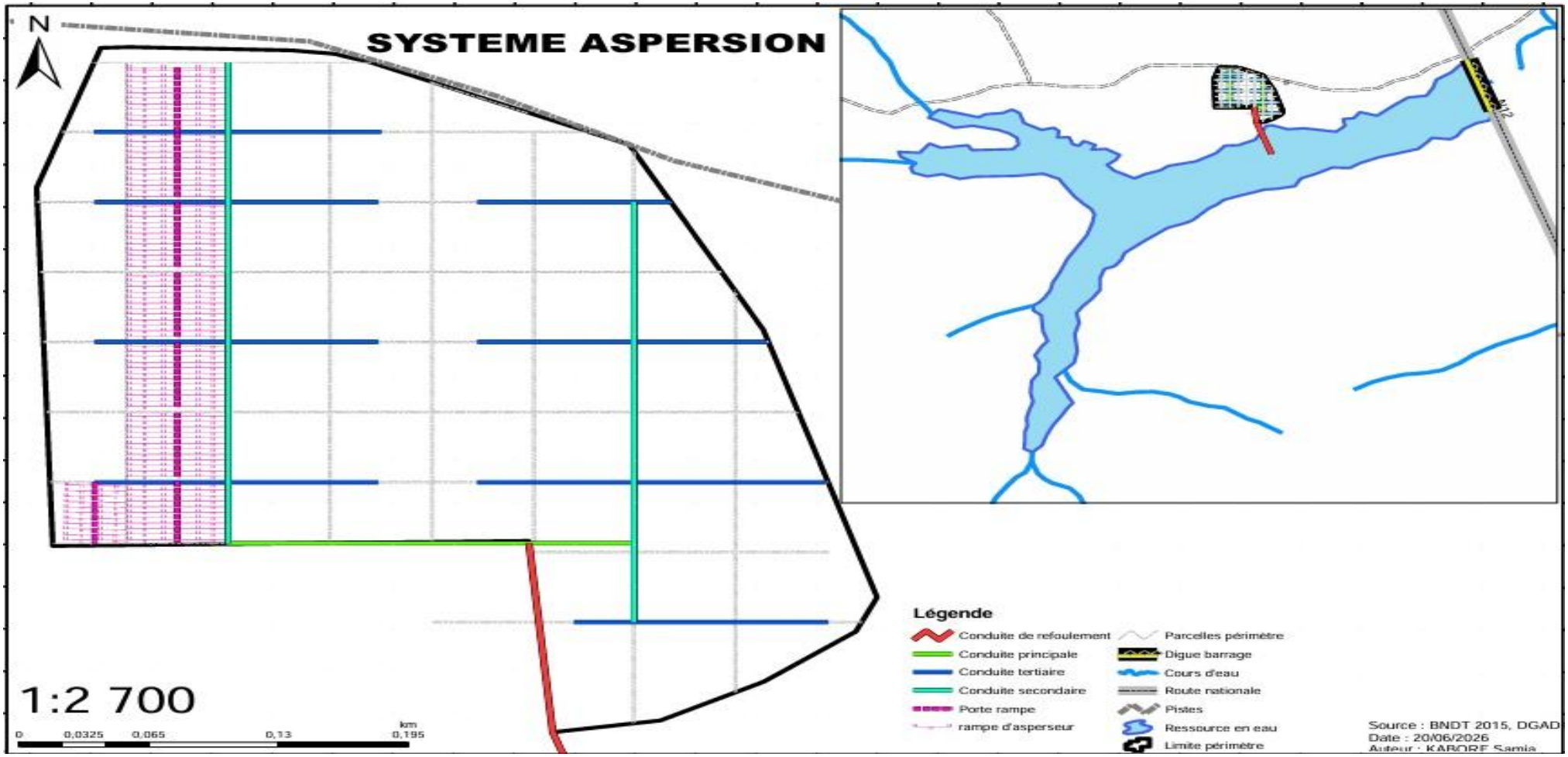


Figure 21 : Plan de masse du système semi gravitaire