CONCEPTION D'UN PERIMETRE IRRIGUE DE 3 HA POUR LA PRODUCTION DE PIMENT SOUS MICRO ASPERSION PHOTOVOITAÏQUE DANS LE VILLAGE DE MOAMI DANS LA REGION DU GUIRIKO AU BURKINA FASO

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 (GEAAH)

Présenté et soutenu publiquement le 23 janvier 2026 par

Latifatou OUEDRAGO (20170502)

Directeur de mémoire :

Encadrant 2iE : M. Bassirou BOUBE, Enseignant-Chercheur, Institut 2iE.

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr Roland Ousmane YONABA

Membres et correcteurs : Dr. Lawani A Mounirou *(Examinateur)*

Dr. Guy Armel AYOUMBISSI KEUGMENI *(Examinateur)*

Promotion [2025/2026]

DEDICACES

À cet homme au grand cœur Adama OUEDRAOGO

À ma mère, mes frères et sœurs, et à toute ma famille,

Vous avez été le souffle discret mais constant derrière chacune de mes réussites. Vos encouragements sincères, votre amour inconditionnel et vos prières bienveillantes m'ont portée jusqu'ici. Ce mémoire est le reflet fidèle de vos sacrifices, de votre patience et de votre foi indéfectible en moi.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je rends tout d'abord grâce à **Allah, le Tout-Puissant**, pour sa grâce, sa protection et pour la force qu'Il m'a accordée tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Mes sincère remerciement vont à l'endroit de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour la qualité de la formation offerte. Les enseignements reçus dans cet institut ont posé les fondements de ma formation en génie de l'eau, en assainissement et en aménagements hydro-agricoles, et ont fortement contribué au développement de mes aptitudes techniques et professionnelles.

J'adresse mes remerciements en particulier à :

- **Pr. El Hadji Bamba DIAW**, Directeur Général de 2iE, pour son sens du leadership et sa vision stratégique ;
- **Dr. Mahamadou KOÏTA**, Directeur des Enseignements et des Affaires Académiques, pour son engagement envers la réussite des étudiants ;
- **Dr. Harinaivo Anderson ANDRIANISA**, Chef du Département de Génie de l'Eau, de l'Assainissement et des Aménagements Hydro-Agricoles (GEAAH), pour son accompagnement et ses orientations pédagogiques ;
- **Mr Bassirou BOUBE**, enseignant chercheur à 2iE, pour ses conseils avisés et sa disponibilité tout au long du processus de recherche.

Je remercie sincèrement **Monsieur Adama OUEDRAOGO** pour la confiance qu'il m'a accordée en me confiant la conception et l'aménagement de son périmètre agricole. Son accompagnement, sa disponibilité et son intérêt pour le projet ont fortement contribué à la réussite de ce travail.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit de **Monsieur TINTA Kader** pour son accompagnement au long de ce travail et pour le partage de son expérience professionnelle. Ses orientations techniques et son souci du détail ont fortement contribué à la qualité des résultats obtenus.

Enfin, j'exprime ma profonde gratitude à ma famille, à mes amis et à l'ensemble de mes proches pour leur soutien moral, leurs encouragements et leurs prières tout au long de ce parcours. Je tiens également à remercier toutes les personnes, citées ou non, qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail. Qu'elles trouvent ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

RESUME

Au Burkina Faso, l'agriculture repose en grande partie sur les pluies, ce qui l'expose fortement aux irrégularités climatiques. Cette dépendance rend nécessaire le développement de solutions d'irrigation capables d'assurer une production agricole plus stable. C'est dans cette optique que s'inscrit le présent projet, qui porte sur la conception d'un périmètre irrigué de 3 hectares dédié à la culture du piment, à partir d'un système de micro-aspersion alimenté par énergie photovoltaïque, dans le village de Moami, commune de Bobo-Dioulasso.

L'objectif principal de l'étude est l'élaboration d'un avant-projet détaillé (APD) pour l'aménagement du périmètre. Les investigations pédologiques ont mis en évidence un sol de texture sableux-argilo-limoneuse, présentant une conductivité hydraulique saturée moyenne de 11,42 mm/h, compatible avec l'irrigation par micro-aspersion. Les besoins hydriques du piment ont été déterminés à partir des données climatiques locales et des coefficients culturaux appropriés. Pour satisfaire ces besoins, une dose brute de 18,84 mm a été retenue. Les asperseurs sélectionnés présentent une pluviométrie de 4,60 mm/h et un débit unitaire de 115 l/h.

Le dispositif de pompage a été dimensionné pour assurer un débit de 25 m^3/h sous une hauteur manométrique totale de 95 m. Il est alimenté par une installation photovoltaïque composée de 30 panneaux solaires, 20 batteries et 3 convertisseurs hybrides. Le coût total du projet est évalué à 46 484 375 FCFA, intégrant les travaux d'aménagement, les équipements d'irrigation et la source d'énergie. L'analyse économique révèle la rentabilité du projet, avec un taux de rentabilité interne de 15,70 % et un délai de récupération estimé à six (06) ans.

Enfin, l'évaluation des impacts environnementaux montre que les effets du projet demeurent globalement maîtrisables, sous réserve du respect des bonnes pratiques agricoles et d'une gestion raisonnée des ressources en eau.

Mots clés :

1- Aménagement hydro-agricole
2- Irrigation
3- Micro aspersion
4- Piment
5- Pompage Photovoltaïque

ABSTRACT

In Burkina Faso, agriculture relies largely on rainfall, making it highly vulnerable to climatic irregularities. This dependence highlights the need to develop irrigation solutions capable of ensuring more stable agricultural production. It is within this context that the present project is carried out, focusing on the design of a 3-hectare irrigated perimeter dedicated to chili pepper cultivation, based on a micro-sprinkler irrigation system powered by photovoltaic energy, in the village of Moami, within the municipality of Bobo-Dioulasso.

The main objective of the study is to develop a detailed preliminary design (Detailed Preliminary Project – DPP) for the development of the irrigated area. Pedological investigations revealed a sandy–clay–loam soil texture, with an average saturated hydraulic conductivity of 11.42 mm/h, which is suitable for micro-sprinkler irrigation. The crop water requirements for chili pepper were determined using local climatic data and appropriate crop coefficients. To meet these requirements, a gross irrigation depth of 18.84 mm was adopted. The selected sprinklers provide a precipitation rate of 4.60 mm/h with a unit discharge of 115 L/h.

The pumping system was designed to provide a flow rate of 25 m^3/h under a total dynamic head of 95 m. It is powered by a photovoltaic installation comprising 30 solar panels, 20 batteries, and 3 hybrid inverters. The total project cost is estimated at 46,484,375 FCFA, covering land development, irrigation equipment, and the energy supply system. Economic analysis indicates the project's viability, with an internal rate of return (IRR) of 15.70 % and a payback period of six years.

Finally, the environmental impact assessment shows that the project's effects are generally manageable, provided that good agricultural practices are observed and water resources are managed sustainably.

Key words :

1- Hydro-agricultural development
2- Irrigation
3- Micro sprinklers
4- Chili pepper
5- Photvoltaic pumping

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

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

APD : Avant-Projet Détaillé

BMP : Besoin Maximum de Pointe

CBPV : Château Batterie Panneau Photovoltaïque

DN : Diamètre Nominal

DRI : Durée de Retour sur Investissement

EIES : Etude d'Impact Environnemental et Social

ETM : Evapotranspiration Maximale

FAM : Fields Area Measure

FAO : Food and Agriculture Organization

GPS : Global Positionning System

HMT : Hauteur Manométrique Totale

LiCoO2 : Litium-ion

LiFePo4 : Lithium Fer Phosphate

NIES : Notice d'Impact Environnemental et Social

PEHD : Polyéthylène Haute Densité

PGES : Plan de Gestion Environnemental

PIB : Produit Intérieur Brute

PVC : Polychlorure de Vinyle

RFU : Réserve Facilement Utilisable

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

RU : Réserve Utile

SWC : Soil Water Characteristics

TRI : Taux de Rentabilité Interne

VAN : Valeur Actualisée Nette

SOMMARE

DEDICACES ii
REMERCIEMENTS iii
RESUME iv
ABSTRACT v
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS vi
SOMMARE vii
LISTE DES TABLEAUX ix
LISTE DES FIGURES x
FICHE TECHNIQUE DE L'ÉTUDE xi
INTRODUCTION 1
I. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE DU PROJET 3
I.1 Cadre Biophysique 3
I.1.1 Situation géographique et administrative 3
I.1.2 Relief et sol 4
I.1.3 Climat et précipitations 5
I.1.4 Hydrographie et hydrologie 5
I.1.5 Faune et Flore 6
I.2 Cadre humain 6
I.2.1 Démographie 6
I.2.2 Activités socio-économiques 7
II. PRESENTATION DU PROJET 7
II.1 Contexte et justification 7
II.2 Objectifs de l'étude 8
III.2 Résultats attendus 9
III. MATERIELS ET METHODES 9
III.1 Matériels et logiciels 9
III.2 Méthode 10
III.2.1 Recherches bibliographiques 10

III.2.2 Etat des lieux et diagnostic du périmètre 11
III.2.3 Données de base 12
A. Données climatiques 12
B. Données de sol 14
C. Données topographiques 15
III.2.4 Évaluation de la pertinence du site pour la culture du piment 16
III.2.5 Dimensionnement préliminaire 16
III.2.6 Dimensionnement final 20
III.2.7 Dimensionnement de la station de pompage 27
III.2.8 Evaluation financière de l'aménagement 32
III.2.9 Entretien et gestion des périmètres 33
IV RESULTATS D'ETUDE TECHNIQUE 33
IV.1 Etat des lieux et diagnostic du périmètre 33
IV.2 Etude topographique 38
IV.3 Etude pédologique 38
IV4. Caractéristiques de la spéculation retenue et justification des choix 40
IV5. Dimensionnements du périmètre 42
IV.6 Evaluation financière du projet 52
IV.7 Etude d'impact environnemental et social 56
IV.8 Recommandations pour la gestion du périmètre irrigué 57
Conclusion 59
Bibliographie 60
ANNEXE I

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Logiciel et matériels 9
Tableau II:Matériels et Logiciels ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau III:Données climatiques 13
Tableau IV:caractéristiques principales des ouvrages existants 36
Tableau V:Valeurs de la conductivité 39
Tableau VI:Bésions en eau du piment 43
Tableau VII:Résultats du dimensionnement préliminaires 43
Tableau VIII:Découpage parcellaire 45
Tableau IX:Organisation de l'arrosage 47
Tableau X:Caractéristiques du micro-asperseur 49
Tableau XI:Dimensionnement des conduites 49
Tableau XII:Dimensionnement de la conduite de transport 50
Tableau XIII:Caractéristiques de la pompe 51
Tableau XIV:Caractéristiques du champ photovoltaique 52
Tableau XV:Coûts de réalisation de l'aménagement 52
Tableau XVI:Production prévisionnelle du piment 54
Tableau XVII:Coût des intrants à la première année 55
Tableau XVIII: Coût des intrants à partir de la deuxième année 55
Tableau XIX:Evaluation financière 56
Tableau XX:Impacts et mesures d'atténuations 57
Tableau XXI:Recommandations pour la gestion du périmètre irrigué 58

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de situation de Moami 4
Figure 2: Diagramme ombrothermique 5
Figure 3:Variation ETO/Pluviométrie 13
Figure 4: Irradiance de la zone 14
Figure 5: Reconnaissance été subdivision du site 35
Figure 6: Topographie du site 38
Figure 8: Piment Cayenne 41
Figure 9:Schéma de la disposition des parcelles 46
Figure 10: Plan d'aménagement du périmètre 48
Figure 11: Le micro-asperseur 49
Figure 12:Pompe LARENS 51

FICHE TECHNIQUE DE L'ÉTUDE

LOCALISATION	
Village	**Moami**
Commune concernée	**Bobo-Dioulasso**
Province	**Houet**
Région	**Guiriko**
Pays	**Burkina Faso**
CARACTERISTIQUES DE L'AMENAGEMENT	
Type d'irrigation	**Micro aspersion**
Superficie brute du périmètre	**3 ha**
Superficie nette du périmètre	**2,7 ha (180 m* 96 m)**
Nombre de blocs	**2**
Spéculation (variété)	**Piment Cayenne**
Dose brute	**18, 84mm**
Tour d'eau	**3jours**
Débit d'équipement	**2,2 l/s/ha**
Débit du système	**21,2 m^3/h**
Nombre de postes par jour	**2**
Surface irriguée par poste	**0,45**
Caractéristique du micro asperseur	**Marque : TORO (Water Bird Classic)** **Pression nominale : 2 bars**
	Diamètre mouillé : 10 m
	Débit : 115 l/h
	Pluviométrie : 4,60 mm/h
CARACTERISTIQUES DES CONDUITES	
Conduites en PEHD	**PN4 ; DN25 et DN90.**
Conduites en PVC	**PN4 ; DN90**
SECTION POMPAGE	
Pompe	**Type : Larens 4LSC25/95-380/2200-H**
	Débit : 25m^3/h ; HMT : 95m ; Puissance de 16 kW
Source d'énergie	**30 panneaux, 20 batteries et 3 convertisseurs hybrides**
COUT DE L'AMENAGEMENT	
46 484 375 FCFA	

INTRODUCTION

Le Burkina Faso est un pays à vocation essentiellement agricole. Le secteur rural, qui assure la subsistance de plus de 80 % de la population active, contribue à près de 38 % au produit intérieur brut (PIB), dont 17,4 % proviennent du sous-secteur de la production agricole (DGESS/MAAH, 2014). Les performances de l'économie nationale sont donc étroitement liées à celles du secteur agricole, lequel demeure confronté à de multiples problématiques, notamment la pauvreté, la fragilité des sols et une forte dépendance aux précipitations.

La pluviométrie, caractérisée par des irrégularités interannuelles et spatio-temporelles (Ouédraogo et al., 2010), exerce un impact direct sur les rendements et la production agricole (Ouédraogo M., 2012). Cette forte dépendance du secteur agricole aux conditions climatiques rend les systèmes de production particulièrement vulnérables aux aléas hydrométéorologiques. Face à ces contraintes, l'agriculture pluviale montre ses limites et le développement de l'agriculture irriguée apparaît comme une alternative stratégique pour stabiliser et accroître la production agricole. Dans un tel contexte, la maîtrise de l'eau devient un levier essentiel pour sécuriser les productions, améliorer les rendements et réduire la dépendance vis-à-vis des aléas climatiques. La mise en place de systèmes d'irrigation adaptés constitue ainsi une stratégie incontournable pour renforcer la productivité et soutenir un développement agricole durable. C'est dans cette perspective que s'inscrit le présent rapport, consacré à l'étude et à la conception d'un périmètre irrigue de 3 ha pour la production de piment sous micro aspersion photovoltaïque dans le village de Moami au Burkina Faso.

L'étude vise principalement l'élaboration d'un dossier d'avant-projet détaillé (APD) relatif à l'aménagement du périmètre irrigué.

Pour atteindre cet objectif, plusieurs analyses techniques ont été menées, à savoir le diagnostic du site, la réalisation des études préliminaires nécessaires, ainsi que la conception et le dimensionnement des ouvrages d'irrigation projetés.

La démarche méthodologique retenue repose sur une approche structurée en quatre phases successives à savoir

- Une phase d'analyse documentaire des travaux existants et des données disponibles concernant le climat, les ressources en eau et le contexte socio-économique de la zone d'étude.

- Une phase d'étude de terrain, réalisées afin d'identifier les contraintes physiques et d'apprécier les besoins réels des usagers.
- Une phase de traitement et d'analyse des informations collectées, en vue de l'obtention de résultats fiables servant de base à la prise de décision.
- Et une phase de conception technique et de dimensionnement des infrastructures d'aménagement du périmètre irrigué.

I. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE DU PROJET

La présentation de la zone d'étude s'appuie principalement sur les éléments contenus dans la monographie de la commune de Bobo Dioulasso publiée en décembre 2022.

I.1 Cadre Biophysique

I.1.1 Situation géographique et administrative

La commune de Bobo-Dioulasso, située dans la région du Guiriko (anciennement appelée Hauts-Bassins), est le chef-lieu de la province du Houet. Elle s'étend sur une superficie d'environ 1 805 km² et comptait 904 920 habitants selon les résultats du cinquième Recensement général de la population et de l'habitation (RGPH) réalisé en 2019. Comme beaucoup d'autres communes du pays, elle a connu plusieurs réorganisations administratives. Depuis la Loi n°026-2012/AN, Bobo-Dioulasso est constituée en commune urbaine, passant de trois (03) arrondissements (Dafra, Dô et Konsa) regroupant 25 secteurs, à sept (07) arrondissements qui se partagent aujourd'hui 33 secteurs et 36 villages, dont Moami, localité rurale où s'est déroulée notre étude. Situé à environ 20 km du centre-ville de Bobo-Dioulasso, le village de Moami se trouve le long de la route nationale n°8, ce qui lui confère une accessibilité appréciable malgré son statut rural. Selon le recensement de 2006, Moami comptait 1 429 habitants. La population vit principalement de l'agriculture et de l'élevage. L'agriculture vivrière est essentiellement centrée sur la culture du maïs, du mil et du sorgho, qui constituent la principale source d'alimentation des habitants. L'élevage de bovins, d'ovins et de volailles représente une activité complémentaire significative.

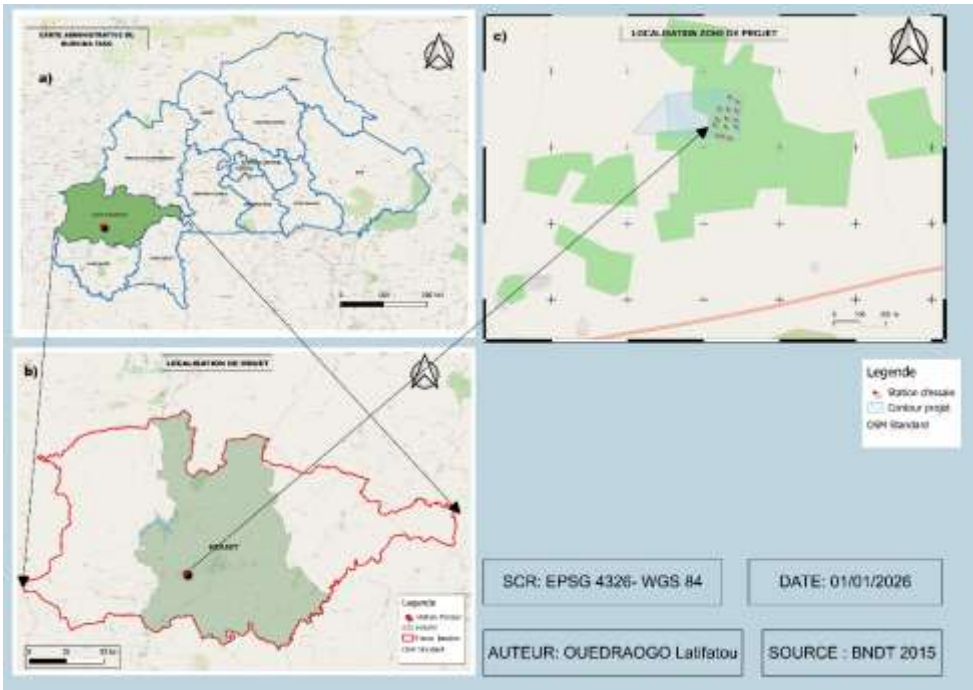


Figure 1: Carte de situation de Moami

I.1.2 Relief et sol

La commune de Bobo-Dioulasso présente un relief globalement comparable à celui de l'ensemble de la province du Houet. Il se caractérise par une topographie majoritairement plane, ponctuée par de faibles ondulations. L'altitude moyenne avoisine 430 mètres et demeure relativement homogène sur l'ensemble du territoire communal. Le substratum géologique est constitué d'un socle ancien, dominé par des formations granitiques et métamorphiques, qui conditionne fortement la genèse et l'évolution des sols.

La majorité des sols sont des sols ferrugineux tropicaux lessivés. Leur fertilité naturelle est moyenne, mais leur bonne perméabilité permet de cultiver efficacement les cultures vivrières. Dans les bas-fonds, on trouve des sols hydromorphes, souvent mis en valeur pour le maraîchage, surtout pendant la saison sèche. En revanche, certains plateaux sont parsemés de cuirasses ferrugineuses et d'affleurements latéritiques, qui compliquent l'agriculture.

Cette diversité des sols oblige les agriculteurs à ajuster constamment leurs pratiques pour protéger la fertilité des terres et éviter leur dégradation.

I.1.3 Climat et précipitations

Bobo-Dioulasso connaît un climat tropical avec deux grandes saisons bien distinctes. La saison des pluies, de mai à octobre, apporte l'essentiel des précipitations. Les averses, souvent brèves mais parfois très intenses, permettent d'atteindre environ 1 000 mm de pluie par an. Pourtant, ces pluies ne sont pas toujours régulières et peuvent laisser place à de courtes périodes de sécheresse même au cœur de la saison humide.

La saison sèche, qui va de novembre à avril, est marquée par l'harmattan, un vent chaud et sec venant du Sahara, particulièrement présent entre décembre et février. L'air y est sec et l'évaporation importante, ce qui accentue la sensation de sécheresse.

Les températures varient fortement selon les mois. En décembre et janvier, elles peuvent descendre jusqu'à 18 °C, tandis qu'en mars et avril, elles dépassent souvent 40 °C. Ces variations, combinées à la pluviométrie irrégulière, influencent directement les cycles agricoles et la disponibilité en eau, notamment dans les villages périphériques comme Moami.

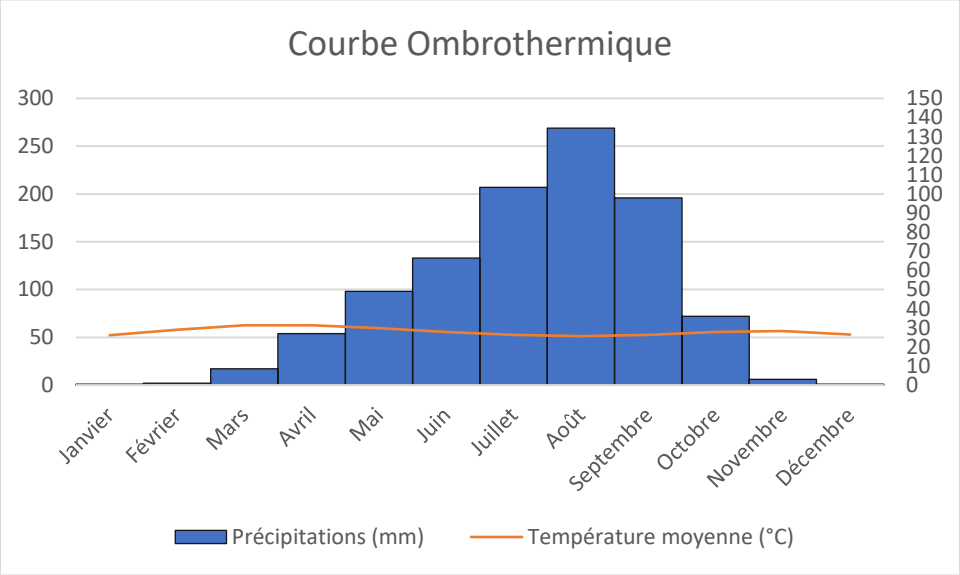


Figure 2: Diagramme ombrothermique

I.1.4 Hydrographie et hydrologie

Bobo-Dioulasso dispose d'un réseau hydrographique relativement fourni, comprenant des cours d'eau permanents et temporaires. Les principaux, dont le Houet, le Kou, le Sourgou et le Dioulassoba, appartiennent au bassin de la Mouhoun et sont essentiels pour l'approvisionnement en eau, l'agriculture, l'élevage et les usages domestiques. Le fleuve Kou représente une ressource

importante, alimentant différents barrages et périmètres irrigués. Cependant, la disponibilité en eau varie selon les saisons. Durant la période sèche, certains cours d'eau s'assèchent partiellement ou totalement, ce qui constitue un frein aux cultures de contre-saison. Cette situation souligne l'importance d'adopter une gestion durable des ressources hydriques, surtout dans les zones périphériques où les besoins augmentent sous l'effet de la croissance démographique et de l'intensification agricole.

I.1.5 Faune et Flore

Située dans la zone soudanienne, la commune de Bobo-Dioulasso présente une végétation dominée par la savane arborée et arbustive. Les espèces ligneuses locales les plus fréquentes incluent le karité, le néré, le baobab, le tamarinier et plusieurs types d'acacias. Le long des rivières principales, comme le Kou et le Houet, des forêts-galeries plus denses jouent un rôle important dans la régulation du microclimat et la protection contre l'érosion des sols.

La faune reste relativement diversifiée, malgré la pression croissante exercée par l'urbanisation et la déforestation. On y trouve encore de petits mammifères, des reptiles et de nombreux oiseaux, y compris des espèces migratrices. Dans les zones rurales comme Moami, la faune se concentre principalement dans les bois et les bas-fonds, mais elle diminue progressivement sous l'effet des activités humaines.

La protection de la biodiversité constitue un enjeu majeur. Le Plan Communal de Développement encourage ainsi des pratiques agricoles durables et sensibilise la population à la préservation des ressources naturelles.

I.2 Cadre humain

I.2.1 Démographie

Bobo-Dioulasso se positionne comme la deuxième ville la plus peuplée du Burkina Faso, juste derrière la capitale Ouagadougou. D'après le RGPH de 2019, la commune compte 904 920 habitants, répartis entre les zones urbaines et les villages périphériques. La densité moyenne est de 501 habitants/km², avec une concentration plus forte dans les arrondissements centraux.

La population est majoritairement jeune, plus de 60 % des habitants ayant moins de 25 ans, ce qui reflète une dynamique démographique soutenue. Le rapport hommes-femmes est de 96 pour 100, les femmes représentant 51,5 % de la population totale. Cette structure démographique exerce une

pression importante sur les infrastructures scolaires, sanitaires et sociales, en particulier dans les quartiers en expansion et dans les zones rurales comme Moami.

I.2.2 Activités socio-économiques

L'économie de Bobo-Dioulasso repose sur plusieurs activités, avec des contrastes marqués entre zones urbaines et rurales. Dans les villages périphériques comme Moami, l'agriculture demeure la principale source de revenus. Les cultures vivrières dominantes comprennent le maïs, le mil, le sorgho, le riz et le niébé, principalement cultivés pendant la saison des pluies. Les bas-fonds sont quant à eux exploités pour le maraîchage, avec des légumes tels que la tomate, l'oignon, le chou, le gombo et la laitue, souvent en saison sèche.

L'élevage, pratiqué de manière extensive, concerne les bovins, ovins, caprins, porcins et volailles, et apporte un revenu complémentaire aux ménages. Les produits agricoles et artisanaux sont ensuite vendus sur les marchés ruraux et les points de vente informels.

En ville, l'économie est dominée par le commerce, l'artisanat, les services et les petites industries. Bobo-Dioulasso constitue un véritable centre commercial régional, avec des marchés tels que Saramasso, Lafiabougou, Accart-ville ou Colma, qui attirent une clientèle locale et régionale. L'artisanat y est particulièrement développé, notamment dans le tissage, la teinture, la sculpture, la poterie et la maroquinerie.

Le secteur informel joue un rôle majeur, offrant de nombreuses opportunités d'emploi aux jeunes et aux femmes. Bien qu'important et dynamique, ce secteur reste confronté à plusieurs défis, tels que le manque d'accès au financement, l'insuffisance de formation et la nécessité de mieux structurer les filières.

II. PRESENTATION DU PROJET

II.1 Contexte et justification

Dans un contexte marqué par le changement climatique, la pression démographique croissante et la rareté des ressources naturelles, le développement de systèmes agricoles performants et durables constitue aujourd'hui un enjeu stratégique pour les pays sahéliens tel que le Burkina Faso (FAO, 2017 ; Banque mondiale, 2020). L'agriculture, qui représente une source essentielle de revenus pour la majorité de la population Burkinabè, reste encore fortement dépendante des précipitations

(MAAH, 2021). Cette dépendance rend les productions agricoles vulnérables aux aléas climatiques et limite considérablement les rendements.

Face à cette situation, le Gouvernement a fait de la sécurité alimentaire et de l'autosuffisance des priorités nationales. Il a lancé plusieurs réformes et programmes, tels que la Stratégie nationale de développement durable de l'irrigation (SNDI), le Programme national du secteur rural (PNSR II) et le Plan national de développement économique et social (PNDES II). Ces initiatives visent à moderniser l'irrigation et à encourager les investissements privés dans le secteur agricole (MAAH, 2016 ; MINEFID, 2021)

C'est dans ce contexte national favorable à la promotion de l'agriculture irriguée que s'inscrit le présent projet. Il s'agit d'une initiative privée, portée par un exploitant agricole individuel propriétaire d'un terrain de 10 hectares situé dans le village de Moami, à environ 20 km de Bobo-Dioulasso. Soucieux de valoriser pleinement son exploitation et d'optimiser la productivité de ses terres, le promoteur a sollicité notre appui pour l'accompagner dans la conception et la mise en place d'un système d'irrigation adapté sur 3 ha pour la production de piment sous micro aspersion photovoltaïque.

La mission confiée consiste à concevoir un système d'irrigation efficace et durable pour le périmètre. Cette étude s'inscrit dans une démarche d'ingénierie appliquée, intégrant une approche de développement durable conforme aux politiques agricoles nationales. Elle vise à accroître la productivité du site tout en constituant un modèle pouvant inspirer d'autres projets privés, contribuant ainsi à la promotion de l'autosuffisance alimentaire au niveau national.

II.2 Objectifs de l'étude

L'objectif global de cette étude est d'élaborer un dossier d'avant-projet détaillé (APD) pour l'aménagement d'un périmètre irrigué de 3 ha destiné à la production de piment sous micro aspersion photovoltaïque.

Pour atteindre le but principal, nous avons pour objectif spécifique :

- D'évaluer la pertinence du site pour la culture du piment, en identifiant les caractéristiques agronomiques essentielles pour la planification du projet.
- De mettre en place la conception technique globale du système, prenant en compte le pompage, l'irrigation et l'énergie solaire.

- D'analyser la faisabilité économique du projet, à travers l'évaluation des coûts et l'estimation de la rentabilité financière.
- Évaluer la durabilité environnementale du système d'irrigation.
- Formuler des recommandations concrètes pour garantir une gestion efficace et assurer la pérennité du périmètre irrigué.

III.2 Résultats attendus

Au terme de cette étude, il est attendu :

- Un dossier d'avant-projet détaillé (APD) pour l'aménagement du périmètre irrigué de 3 ha pour à la culture du piment sous micro aspersion photovoltaïque.
- Un plan d'aménagement technique et spatial du site, incluant l'ensemble des infrastructures de pompage, de distribution de l'eau et de fourniture énergétique.
- Une estimation du rendement agricole et une analyse de la rentabilité économique du projet.
- Des recommandations pour la gestion durable et la pérennisation du périmètre, afin sa reproductibilité comme modèle pour d'autres exploitations agricoles.

III. MATERIELS ET METHODES

La réalisation d'un travail scientifique rigoureux repose sur une compréhension claire de la problématique étudiée, l'adoption d'une démarche méthodologique appropriée et l'utilisation d'outils adaptés. Ainsi, la présente partie décrit l'approche mise en œuvre pour atteindre les objectifs de l'étude. Elle présente successivement les méthodes employées pour la collecte et l'analyse des données, ainsi que les matériels et équipements utilisés au cours des travaux.

III.1 Matériels et logiciels

Tableau I: Logiciel et matériels

Désignations	Descriptions
Google Earth Pro	Le logiciel permet de géolocaliser et de représenter graphiquement des points, des surfaces et des distances sur une carte. Il a été utilisé pour positionner avec précision les points de mesure et produire des cartes claires, facilitant ainsi l'analyse spatiale.

QGIS	Un logiciel de système d'Information Géographique (SIG) nous a permis de recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter diverses données spatiales et géographiques. Il a été utilisé spécialement pour élaborer la carte situant la zone d'étude.
GPS Visualizer	Un logiciel de traitement de données
Surfer	Un logiciel professionnel de cartographie et d'analyse spatiale. Il nous a permis de tracer les courbes de niveau du périmètre.
AutoCad	Un logiciel polyvalent de dessin technique en 2D et 3D, a été utilisé pour élaborer les schémas des panneaux, du plan d'aménagement.
SWC (Soil Water Characteristics)	Le logiciel a permis de caractériser le sol et d'évaluer la réserve utile.
CROPWAT	Fourni des données sur le climat et les cultures. Il nous a permis d'obtenir les cycles de développement et les coefficients culturaux de la culture
MicrosoftOffice (Excel,Word, PowerPoint)	Le pack office nous a permis d'effectuer les calculs de dimensionnement et de rédiger le mémoire.
Minitab	Il a été utilisé pour calculer la valeur d'infiltration à partir du traitement des données recueillies lors des mesures d'infiltration.
Zotero	Il permet la génération automatique des références bibliographes et l'insertion des citation dans Microsoft Word.
Double anneau de Munz	Utiliser pour la mesure de la conductivité hydraulique sol à saturation

III.2 Méthode

III.2.1 Recherches bibliographiques

Cette phase a consisté à collecter, analyser et exploiter l'ensemble des données existantes relatives à la thématique de l'étude. Elle a permis de mieux comprendre le contexte général et de poser les bases nécessaires pour appréhender le sujet.

La revue documentaire a porté sur plusieurs types de sources, notamment :

- Les rapports d'études antérieures réalisés sur la zone ou sur des thématiques similaires ;

- Les données météorologiques disponibles ;
- La documentation technique et scientifique consultée à la bibliothèque de l'Institut 2iE
- Des ressources en ligne, incluant des articles, des cartes, des textes réglementaires et des publications spécialisées.

III.2.2 Etat des lieux et diagnostic du périmètre

Cette phase a constitué une étape clé pour mieux comprendre le contexte physique et fonctionnel du site et orienter de manière rigoureuse les décisions techniques pour la conception du périmètre irrigué. Trois volets principaux ont structuré cette démarche :

- **Reconnaissance du site**

  Une visite sur le terrain a permis de définir précisément le périmètre d'étude, d'observer ses caractéristiques physiques et son environnement, et de dresser un inventaire des infrastructures existantes. Des échanges avec le gestionnaire ont également fourni des informations essentielles sur le fonctionnement des équipements, les pratiques culturales et les difficultés rencontrées.
- **Diagnostic des infrastructures existantes**

  Un relevé technique a été réalisé sur le forage, le réservoir surélevé, le champ photovoltaïque ainsi que sur les éléments de distribution et de pompage. Cette étape a permis de vérifier le bon fonctionnement des installations, d'identifier d'éventuelles insuffisances et d'évaluer leur impact sur la conception du futur réseau d'irrigation.
- **Collecte et analyse des données techniques**

  Toutes les données disponibles sur les installations ont été compilées, en mettant l'accent sur le forage (profondeur, débit, niveaux statique et dynamique, qualité de l'eau) et le système solaire (puissance, rendement, configuration). Ces informations ont été utilisées pour évaluer la capacité réelle du système à couvrir les besoins hydrauliques et énergétiques du projet et pour détecter les contraintes techniques à considérer lors du dimensionnement. Les données techniques collectées au cours de cette phase ont porté sur les éléments suivants :

  - **Caractéristiques du forage** :
    - Profondeur totale du forage (m)

- Niveau statique et dynamique de la nappe (m)
- Débit soutenable (m^3/h)
- Résultats des essais de pompage (courbes de rabattement et de remontée)
- Qualité physico-chimique de l'eau (conductivité, pH, turbidité, etc.)

- **Paramètres techniques de la pompe** :
  - Type et modèle de la pompe installée
  - Débit nominal (m^3/h) et pression de service (bar)
  - Rendement hydraulique et énergétique
- **Données sur le système de production photovoltaïque :**
  - Puissance crête installée (kWc)
  - Nombre, type et disposition des modules solaires
  - Rendement des panneaux et du régulateur de charge
  - Conditions locales d'ensoleillement (irradiation moyenne journalière)
- **Infrastructures de stockage et de distribution :**
  - Capacité du réservoir surélevé (m^3)
  - État général des installations (corrosion, fuites, envasement)

III.2.3 Données de base

Les données de base de cette étude correspondent aux informations quantitatives nécessaires à l'analyse de la faisabilité technique et financière du projet.

A. Données climatiques

La zone de Moami se distingue par une forte variabilité saisonnière entre précipitations et évapotranspiration. L'analyse des données mensuelles montre une alternance nette entre une longue saison sèche et une saison pluvieuse concentrée que sur quelques mois.

Le tableau ci-après ainsi que le graphique correspondant illustrent la variation mensuelle de l'évapotranspiration potentielle (ET_0) et de la pluviométrie dans la zone d'étude. Les données climatiques utilisées proviennent des bases du logiciel Climwat, puis ont été traitées et analysées à l'aide du logiciel CROPWAT, outils de référence pour l'évaluation des besoins en eau des cultures et la planification de l'irrigation.

Tableau II : Données climatiques

Mois	ET0 (mm/j)	Pluviométrie (mm/mois)
Janvier	6,93	1
Février	7,58	4
Mars	7,88	17
Avril	7	22
Mai	6,17	94
Juin	4,99	125
Juillet	4,16	205
Août	3,49	289
Septembre	3,83	187
Octobre	4,75	57
Novembre	5,42	6
Décembre	6,04	1

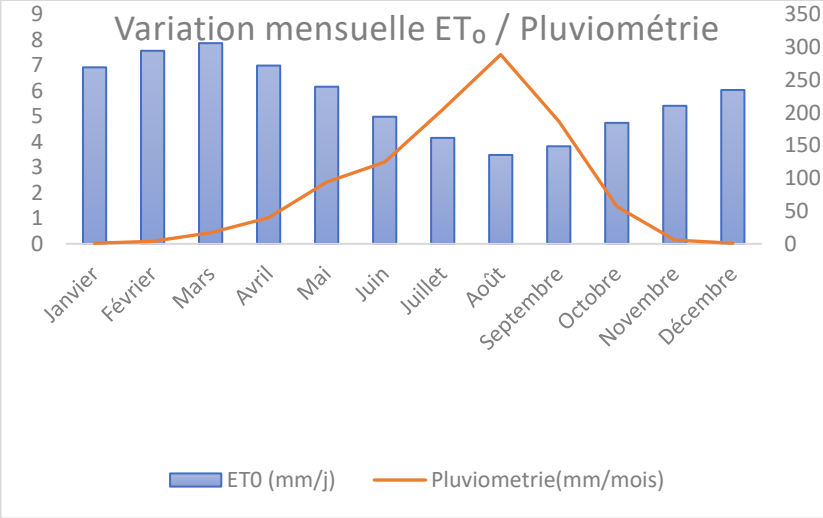


Figure 3:Variation ETO/Pluviométrie

L'ET₀ connaît ses valeurs maximales au début de l'année (7,88 mm/j en mars) et à la fin de l'année (6,04 mm/j en décembre), ce qui traduit une forte demande en eau. Elle diminue progressivement à partir de mai et atteint un minimum en août (3,49 mm/j).

La pluviométrie est presque nulle entre novembre et mars, puis elle augmente à partir d'avril pour atteindre son maximum en août (289 mm), avant de décroître progressivement jusqu'en octobre.

La période de mai à septembre correspond à la saison des pluies, durant laquelle les précipitations dépassent l'évapotranspiration de référence (ET₀) et assurent une recharge suffisante des cultures. En dehors de cette période, le déficit en eau rend l'irrigation indispensable pour maintenir la production agricole.

Le tableau suivant présente des informations climatiques complémentaires pour la zone d'étude, incluant les températures, l'humidité relative, la vitesse du vent, l'ensoleillement et le rayonnement solaire.

Tableau II: Données climatiques

Mois	Température Max	Température Min	Humidité	Vent	Ensoleillement	Rayonnement
	°C	°C	%	Km/jour	Heure/jour	MJ/m²/jour
Janvier	32,4	18,4	18	276,48	8,14	19,12
Février	34,5	21,12	19,6	276,48	7,93	20,21
Mars	36	23,6	25,6	276,48	7,56	20,84
Avril	35,5	24,3	47	311,04	6,3	19,25

Mai	34	23,5	60,4	328,32	6,99	20
Juin	31,4	21,8	70,9	311,04	6,83	19,41
Juillet	29,7	21,1	77,6	276,48	5,9	18,12
Août	29	20,8	83	241,92	4,46	16,19
Septembre	29,5	20,7	79,9	207,36	5,68	17,95
Octobre	33	21,4	67,3	216	7,33	19,62
Novembre	33,9	20,3	43,6	198,72	7,89	19,08
Décembre	32,5	18,5	25,4	233,28	7,85	18,2
Moyenne	32,6	21,3	51,5	262,8	6,9	19,0

Le graphe d'irradiance ci-dessous illustre la variation mensuelle de l'irradiance solaire dans la zone d'étude. Celle-ci reste relativement stable tout au long de l'année, avec une moyenne d'environ 19 MJ/m²/jour. En août, une légère baisse est observée (16,9 MJ/m²/jour) en raison de la forte couverture nuageuse liée à la saison des pluies, tandis que les mois secs dépassent légèrement 19 MJ/m²/jour.

Cette régularité souligne le potentiel solaire favorable du site et confirme que l'utilisation d'installations photovoltaïques est particulièrement adaptée pour fournir l'énergie nécessaire au fonctionnement du système d'irrigation.

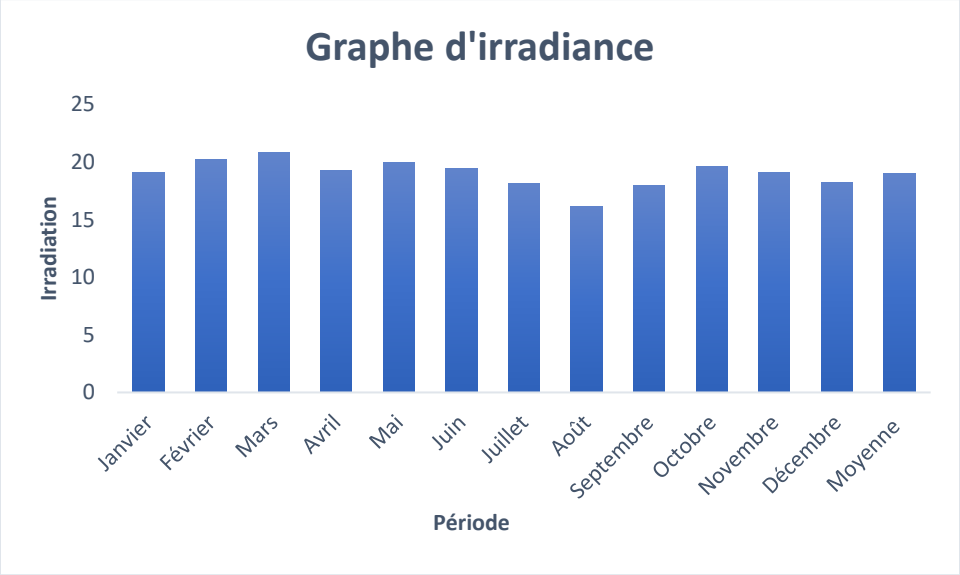


Figure 4: Irradiance de la zone

B. Données de sol

La conductivité hydraulique est un élément fondamental pour caractériser le sol et déterminer sa capacité à absorber l'eau. Elle joue un rôle crucial dans le dimensionnement des réseaux

d'irrigation, notamment pour définir les méthodes d'apport et la fréquence d'arrosage. Pour obtenir une estimation fiable, un test a été réalisé sur le terrain selon la technique des doubles anneaux, connues pour reproduire l'infiltration verticale de l'eau dans le sol.

La vitesse d'infiltration ainsi mesurée a permis de déterminer plusieurs paramètres essentiels à la conception du réseau d'irrigation, notamment :

- Le type de sol, par corrélation avec la texture et la perméabilité ;
- Les humidités caractéristiques (capacité au champ, point de flétrissement), à partir desquelles sont déduites la réserve utile et la réserve facilement utilisable par les cultures.

L'essai a consisté à mesurer, à intervalles de temps réguliers, la hauteur d'eau infiltrée verticalement dans le sol à travers deux anneaux concentriques. Ces derniers sont enfoncés dans le sol sur une profondeur minimale de 5 cm, de manière progressive et sans perturbation du profil pédologique. L'anneau extérieur, dit anneau de garde, permet de maintenir un flux d'infiltration vertical dans l'anneau central, en limitant les effets de dérive latérale. En raison de la variabilité des caractéristiques pédologiques observées sur l'ensemble du site, nous avons quadrillé le site en 15 points afin d'assurer une représentativité statistique des résultats. Les résultats des mesures d'infiltration ont été traités par la méthode de régression non linéaire à l'aide du logiciel Minitab, par la suite, nous avons calculé la conductivité hydraulique du sol pour les différents points en faisant la moyenne des conductivités hydrauliques obtenues.

La conductivité hydraulique saturée a ensuite été calculée pour chaque point, puis une valeur moyenne a été établie pour l'ensemble du périmètre. Les caractéristiques hydriques des sols notamment les teneurs en eau à la capacité au champ et au point de flétrissement ont été déterminées à l'aide du logiciel Soil Water Characteristics (SWC). Les valeurs de conductivité ont été croisées avec les données du triangle textural, ce qui a permis de déterminer les classes texturales dominantes et d'estimer la proportion relative des constituants du sol (argile, limon, sable) dans les horizons étudiés.

C. Données topographiques

L'objectif de cette analyse topographique est de mieux comprendre le relief du site afin de faciliter la conception du réseau d'irrigation. Les coordonnées (latitude, longitude et altitude) d'un grand

nombre de points ont été relevées grâce à Google Earth. Ces données ont ensuite été traitées avec GPS Visualizer et importées dans Surfer pour produire les courbes de niveau nécessaires à l'étude. Enfin, les courbes ont été superposées sur la zone d'étude dans Google Earth, offrant une représentation fidèle du terrain.

III.2.4 Évaluation de la pertinence du site pour la culture du piment

L'analyse de la pertinence du site est aussi une étape importante dans la conception d'un périmètre irrigué. En effet elle influence le choix des cultures, et la durabilité de l'aménagement. Dans le cadre de la présente étude, cette analyse vise à savoir si le site de Moami est adapté à la culture du piment en micro-aspersion. L'évaluation repose principalement sur les caractéristiques climatiques, pédologiques, hydrogéologiques et topographiques du terrain.

III.2.5 Dimensionnement préliminaire

Les besoins en eau des cultures sont calculés en fonction du calendrier cultural et prennent en considération la pluviométrie ainsi que l'évapotranspiration potentielle. Ces besoins varient selon les différentes étapes de développement des plantes, et dépendent directement des conditions climatiques.

Pour le calcul des besoins en eau des cultures, les coefficients culturaux (Kc) ont été obtenus à partir du Bulletin n°56 de la FAO (2006). L'évapotranspiration potentielle a été calculée selon la méthode de Penman, tandis que la pluviométrie mensuelle moyenne a été relevée à la station synoptique de Bobo-Dioulasso.

Les pluies efficaces ont été estimées en utilisant les relations proposées par Mathieu et al. (2022) :

• Si P<75 mm, Peff=0,6*Pmoy/mois

• Si P>75 mm, Peff=0.8*Pmoy/mois

❖ **Les Besoins Net (BN)**

Il s'agit de la quantité d'eau nécessaire pour répondre aux exigences hydriques de la plante tout au long de son cycle de développement. Ces besoins varient en fonction des conditions climatiques locales ainsi que des caractéristiques propres à chaque culture. **L'équation (1)** permet d'estimer

les besoins nets en eau, c'est-à-dire la quantité réellement requise après prise en compte des apports naturels.

$BN = ETP \times Kc - Pe$	**BN (mm)** : besoins nets **Kc** : coefficient cultural **Pe(mm)** : pluie efficace	**(1)**

❖ **Les Besoins Bruts (BB)**

Il s'agit des besoins en eau calculés à l'entrée du réseau d'irrigation, intégrant l'ensemble des pertes hydrauliques survenues tout au long du système. Ils correspondent à la quantité d'eau à mobiliser pour satisfaire les besoins nets des cultures. Leur expression est donnée par **l'équation (2).**

$\frac{\mathbf{BN}}{\mathbf{E_g}}$ **, Avec** $\mathbf{E_g = E_r \times E_a}$	**BB (mm)** : besoins bruts **BN (mm)** : besoins nets $\mathbf{E_g}$: efficience globale du système $\mathbf{E_r}$: efficience du réseau $\mathbf{E_a}$: efficience d'application à la parcelle	**(2)**

❖ **Reserve facilement utilisable ou dose d'entretien (RFU)**

La réserve facilement utilisable (RFU), également appelée dose d'entretien, correspond à la quantité d'eau (exprimée en hauteur) qu'il est nécessaire d'apporter à la culture afin de compenser les pertes en eau dues à l'évapotranspiration, en tenant compte de l'eau prélevée dans la zone racinaire du sol. Elle représente donc la fraction de la réserve utile du sol que la plante peut mobiliser sans subir de stress hydrique**.**

$\boldsymbol{RFU = RU \times P \times Z_r}$ **, Avec** $\boldsymbol{RU = Hcc - Hpf}$	**RFU (mm)** : Réserve facilement utilisable ; **RU (mm/m)** : Réserve utilisable ; **Zr (m)** : Profondeur racinaire de la culture ; **P** : Facteur de tarissement, il dépend du type de culture et du climat. La valeur de 2/3 est généralement préconisée ; **Hcc(%)** : Humidité volumétrique au point de flétrissement ; **Hpf (%)** : Humidité volumétrique à la capacité au champ.	**(3)**

❖ La Fréquence d'irrigation

La fréquence d'irrigation (F) correspond à l'intervalle de temps nécessaire pour que la plante consomme l'humidité disponible dans le sol. Autrement dit, elle indique le nombre de jours séparant deux apports d'eau successifs. Une fois que la réserve utile en eau (RFU) a été calculée, la fréquence des arrosages peut être déterminée à l'aide de l'équation suivante :

$\mathbf{F = \frac{RFU}{BN}}$	**F(j)** : La fréquence des arrosages ; **RFU (mm)** : Reserve Facilement Utilisable ; **BN (mm/j)** : Besoin net.	**(4)**

❖ Le Tour d'eau

Le tour d'eau, noté T, correspond à la fréquence d'irrigation réellement appliquée sur le terrain. Dans la pratique, cette valeur est généralement légèrement inférieure à la fréquence théorique F, afin de garantir que le sol conserve une humidité suffisante pour les cultures. Contrairement à la fréquence théorique, calculée à partir des besoins hydriques optimaux des cultures, le tour d'eau tient compte des contraintes pratiques d'exploitation (disponibilité en eau, organisation du réseau, main-d'œuvre, etc.).

L'expression utilisée pour le calcul est donnée par **l'équation (5)**

$$\mathbf{T(j) \leq F(j)} \quad \textbf{(5)}$$

❖ Dose réelle et facteur de tarissement réel

Lorsque la fréquence d'irrigation théorique F(j) est remplacée par le tour d'eau réel T(j), il devient nécessaire de réajuster la quantité d'eau à apporter à chaque irrigation. En effet, la dose d'entretien initiale (RFU) ne suffit plus à couvrir les besoins cumulés sur une période plus longue. Il convient donc de recalculer la **dose réelle (DR)** à appliquer, ainsi que le **facteur de tarissement réel (PR)**, qui traduit le niveau de déficit hydrique toléré par la culture entre deux irrigations.

Ces deux paramètres sont déterminés à partir des formules suivantes :

$\mathbf{D_r = BN \times T}$ *Et* $\mathbf{P = \frac{D_r}{RFU}}$	**Dr (mm)** : Dose réel ; **P** : Facteurs de tarissement réel ; **BN (mm/j)** : Besoin net ; **T(j)** : Tours d'eau ; **RFU (mm)** : Reserve facilement utilisable ;	**(6)**

❖ **La Dose Brute**

Lors de l'irrigation, une partie importante de l'eau mobilisée n'atteint pas directement la zone racinaire des plantes, en raison de diverses pertes : évaporation en surface, infiltration latérale, percolation profonde ou encore fuites pendant le transport de l'eau depuis la source jusqu'aux parcelles.

Pour intégrer ces pertes dans le calcul des besoins en eau, on détermine la dose brute (DB), qui représente la quantité totale d'eau à mobiliser pour couvrir les besoins nets des cultures. Cette dose est ajustée en fonction de l'efficience du système d'irrigation (Ea), qui traduit la capacité du réseau à acheminer efficacement l'eau jusqu'aux plantes.

La dose brute s'exprime selon la formule suivante :

$\mathbf{DB = \frac{D_r}{E_a}}$	**DB (mm)** : Dose brute ; **Dr (mm)** : Dose réelle ; **Ea** : Efficience du système.	**(7)**

❖ **Débit d'équipement**

Le débit d'équipement Qe représente une grandeur opérationnelle permettant d'évaluer la capacité hydraulique nécessaire pour alimenter une surface donnée en eau d'irrigation. Il constitue un indicateur utile pour comparer différents systèmes d'irrigation et dimensionner les équipements (pompes, canalisations, etc.) en fonction des besoins en eau des cultures.

Ce débit exprime la quantité d'eau à fournir par unité de temps pour satisfaire les besoins d'une superficie déterminée, en tenant compte du tour d'eau appliqué. Il est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$Q_e = \frac{DB}{T \times T_{wmax} \times 0,36}$$	**Qe (l/s/ha)** : Débit d'équipement **DB (mm)** : Dose brute **T (j)** : Tour d'eau **Twmax (h)** : Temps de travail	**(8)**

III.2.6 Dimensionnement final

Le processus de dimensionnement constitue une étape essentielle dans la conception du réseau d'irrigation. Il vise à assurer un acheminement optimal de l'eau depuis la source (le forage) jusqu'à la zone racinaire des cultures, en garantissant le respect des exigences en matière de pression, de débit et de vitesse d'écoulement. Cette étape permet de définir avec précision les éléments techniques du système, notamment les diamètres des conduites principales et secondaires, les besoins en énergie, ainsi que les dispositifs de distribution à mettre en place, en fonction du type de système d'irrigation retenu.

Dans le contexte spécifique de cette étude, certains équipements hydrauliques et énergétiques sont déjà en place. Le dimensionnement final devra donc intégrer une analyse de compatibilité entre les besoins réels du réseau projeté et les capacités des installations existantes. Il s'agira notamment de vérifier si le débit mobilisable à la source est suffisant pour couvrir les besoins en eau des cultures, et si les performances hydrauliques et énergétiques disponibles permettent d'assurer un fonctionnement optimal du système. En cas d'écart entre les exigences du réseau et les caractéristiques observées, des ajustements techniques ou des propositions alternatives seront formulés afin de garantir l'efficacité, la fiabilité et la durabilité de l'aménagement.

- **Calcul de la pluviométrie des asperseurs**

La pluviométrie correspond à la quantité moyenne d'eau appliquée sur la zone irriguée pendant une période donnée. Elle permet d'évaluer l'intensité d'arrosage d'un système d'aspersion et constitue un paramètre essentiel pour le dimensionnement du réseau. Elle se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$P_{asp} = \frac{Q_{asp} \times 1000}{E_{asp} \times E_{ramp}}$$	**Pasp (mm/h)** : Pluviométrie de l'asperseur ; **Qasp (l/s)** : Débit de l'asperseur ; **Easp (m)** : Ecartement entre les asperseurs ; **Eramp (m)** : Ecartement entre les rampes.

(9)

❖ Sélection des asperseurs

Le choix des asperseurs repose sur l'adéquation entre leur pluviométrie et les caractéristiques d'infiltration du sol. Plus précisément, la pluviométrie du dispositif doit rester inférieure à la vitesse d'infiltration du sol afin d'éviter tout risque de ruissellement. Pour s'assurer que la pluviométrie des asperseurs n'excèdera pas la vitesse d'infiltration du sol, nous nous somme servis de la table ci-dessous basée sur les recommandations du Rain Bird Corporation and Pair et. al, 1983.

Valeurs maximales recommandées de pluviométries selon la nature et la pente du sol (mm/h)

Pentes i (%)	Sols sableux légers (sable, sable fin, sable fin limoneux)	Sols moyens (sablo-limoneux, sablo-limoneux fin, limoneux silteux)	Sols lourd (limon silto-argileux, argile limoneux, argiles)
	Surface de sol non protégée		
0-5	12.70-19.05	6.35-12.70	2.54-6.35
6-8	10.16-15.24	5.08-10.16	2.03-5.08
9-12	7.62-11.43	3.81-7.62	1.52-3.81
13-20	5.08-7.62	2.54-5.08	1.02-2.54
>20	2.54-5.08	1.27-2.54	0.51-1.27
Pentes i (%)	Surface de sol engazonnée ou couverte de verdure		
0-5	21.59-33.02	12.70-24.13	3.81-8.89
6-8	17.78-25.40	10.16-19.05	2.54-6.35
9-12	12.70-19.05	7.62-13.97	3.81-5.08
13-20	8.89-12.70	5.08-10.16	1.27-3.81
>20	3.81-8.89	2.54-5.08	0.76-1.27

Basé sur les recommandations du Rain Bird Corporation and Pair et. al, 1983

Le choix s'est porté sur un modèle issu du catalogue *WaterBird Range Brochure Classic* (Toro, 2019), sélectionné pour sa pression nominale, son débit unitaire et son diamètre de couverture.

❖ Temps par poste d'arrosage

Le temps d'arrosage par poste est déterminé en fonction de la pluviométrie des émetteurs, afin d'assurer l'application de la dose d'eau requise pour la culture. Il se calcule à l'aide de la relation suivante :

$\mathbf{T_s = \frac{DB}{P_{asp}}}$	**T_s(h)** : Temps d'arrosage par poste **DB (mm)** : Dose brute à appliquer **P_{asp} (mm/h)** : Pluviométrie des asperseurs	**(10)**

❖ **Nombre de poste d'arrosage**

Le nombre de postes d'arrosage nécessaires pour couvrir l'ensemble du périmètre est déterminé à partir du temps maximal disponible pour l'irrigation quotidienne et du temps requis par poste. Il se calcule selon la relation suivante :

$\mathbf{N_s = \frac{T_{wmax}}{T_s}}$	**N_s** : Nombre de poste d'arroge **T_{wmax}(h)** : Temps de travail maximal **T_s (h)** : Temps par post d'arrosage	**(11)**

❖ **Nombre d'asperseur par rampe**

Le nombre d'asperseurs à installer sur chaque rampe est déterminé en fonction de la longueur de la rampe et de l'écartement entre les asperseurs. Il se calcule à l'aide de la relation suivante

$\mathbf{Nb_{asp/rp} = \frac{L_{rp}}{E_{asp}}}$	**Nb asp/rp :** Nombre d'asperseur par rampe **Lrp (m) :** Longueurs des rampes **Easp (m) :** Espacement entre les asperseurs	**(12)**

❖ **Nombre de rampe par porte-rampe**

Le nombre de rampes alimentées simultanément par un même porte-rampe dépend de la capacité hydraulique du réseau et de l'organisation des postes d'arrosage. Il se calcule à l'aide de la relation suivante :

$\mathbf{Nb_{rp/prp}} = \frac{\boldsymbol{L_p}}{\boldsymbol{E_{rp}}} \times \mathbf{2}$	**Nbrp/prp** : Nombre de rampe par porte-rampe **Lp (m)** : Longueur de la parcelle **Erp (m)** : Espacement entre les rampes	**(13)**

❖ **Nombre de rampes en fonctionnement simultané**

Le nombre de rampes fonctionnant simultanément au cours d'une journée d'irrigation peut être déterminé à partir du nombre total de postes à réaliser et de l'organisation temporelle du système. Il se calcule selon l'expression suivante :

$\mathbf{Nb_{rp,sim}} = \frac{\mathbf{N_{rp/prp}} \times \mathbf{Nb_{parcelle}}}{\mathbf{T} \times \mathbf{N_s}}$	**$Nb_{rp,sim}$**:Nombre total de rampes en fonctionnement simultané **$Nb_{rp/prp}$** : Nombre de rampe par porte-rampe ; **$Nb_{parcelle}$**: Nombre de parcellaire qui dépend du découpage parcellaire **T (j)** : Tour d'eau **N_s** : Nombre de post par jour

❖ **Dimensionnement des conduites**

Le dimensionnement des conduites consiste à déterminer les diamètres appropriés pour assurer le transport des débits requis, tout en respectant deux conditions essentielles : la vitesse d'écoulement doit rester inférieure à la vitesse admissible pour les matériaux utilisés, notamment le PVC et le PEHD, et la condition de Christiansen doit être vérifiée afin de garantir une distribution uniforme de l'eau. Cette étape repose sur la connaissance de plusieurs paramètres, tels que la longueur des conduites, le débit à transiter et le type de matériau choisi. Le débit des rampes dépend principalement du nombre d'asperseurs qu'elles desservent, tandis que celui des portes-rampes est fonction du nombre de rampes en fonctionnement simultané. En ce qui concerne les conduites secondaires, leur débit est déterminé par le nombre de parcelles qu'elles alimentent. Les conduites **(14)**

primaires et secondaires assurent quant à elles le transport de l'ensemble du débit requis par le système. Enfin, les longueurs des conduites sont établies en fonction de la configuration spatiale du réseau retenu et de la localisation de la ressource en eau.

- **Débits des conduites**

- Rampes

Le débit transitant dans les rampes est directement lié au nombre d'asperseurs qu'elles desservent ainsi qu'au débit unitaire de chaque asperseur. Il se calcule selon la relation suivante :

$Q_{rp} = Q_{asp} \times Nb_{asp/rp}$	**Q_{rp} (m^3/h)** : Débit des rampes ; **$Nb_{asp/rp}$** : Nombre d'asperseurs par rampe **Q_{asp} (m^3/h)** : Débit des asperseurs	**(15)**

- Porte-rampes

Le débit transitant dans une porte-rampe dépend du nombre de rampes qu'elle alimente simultanément et du débit unitaire de chaque rampe. Il se calcule selon la relation suivante :

$Q_{rp} = Q_{rp} \times Nb_{rp/prp}$	**Qprp (m^3/h)** : Débit des porte-rampes **Nb rp/prp** : Nombre de rampe par porte-rampes **Qrp (m^3/h)** : Débit des rampes	**(16)**

- Conduites secondaires

Le débit des conduites secondaires est fonction du nombre de parcelles qu'elles desservent et du débit requis par chacune. La relation s'écrit :

$Q_{second} = Q_{rp} \times Nb_{prp}$	**Qsecond (m^3/h)** : Débit des conduites secondaires **Nb prp** : Nombre de porte-rampe desservis **Qrp (m^3/h)** : Débit des rampes.	**(17)**

- Conduites primaires et transport

Les conduites primaires assurent le transport de l'ensemble du débit du système, en intégrant les besoins des conduites secondaires et des portes-rampes. Leur débit est donc donné par

$Q_{syst} = Q_{rp} \times Nb_{rp,sim}$	**Qsyst (m^3/h) :** Débit du système **Nbrp,sim**: Nombre total de rampe en fonctionnement simultané **Qrp (m^3/h)** : Débit des rampes	**(18)**

- **Diamètres des conduites**

Les diamètres théoriques des conduites sont déterminés de manière à assurer le transport du débit requis tout en respectant les vitesses admissibles pour les matériaux utilisés. La relation de base est donnée par :

$D_{th} = \sqrt{\frac{Q}{V}} \times 18,81$	**Dth(mm)** : Diamètre théorique vérifiant la vitesse imposée **Q(m^3/h)** : Débit transitant dans la conduite ; **V(m/s)** : Vitesse d'écoulement de l'eau dans les conduites,	**(19)**

NB : La vitesse d'écoulement dans les conduites doit être maintenue en dessous de la limite admissible pour les matériaux utilisés, afin de garantir la durabilité du réseau et de réduire les pertes de charge. Pour les conduites en PVC et en PEHD, la vitesse maximale recommandée est généralement comprise entre 1,5 et 2,0 m/s. Le respect de cette condition permet d'éviter les phénomènes de cavitation, de réduire les contraintes mécaniques et d'assurer une distribution régulière de l'eau.

- **Pertes de charge dans les conduites**

La perte de charge dans une conduite sans service en route se calcule à l'aide de la relation suivante:

$\Delta H_{simple} = \frac{a \times Q^n}{D_{int}^m} \times L$	**ΔHsimple (m)** : Perte de charge ; **a ; n ; m** : Coefficient de rugosité de Calmont-Lechapt ; **Q (m^3/s)** : Débit véhiculé **L (m)** : Longueur de la conduite considérée **D_{int} (m)** : Diamètre intérieur

(20)

Dans une conduite alimentant plusieurs asperseurs, le débit diminue progressivement après chaque sortie. Afin de prendre en compte cette variation et d'estimer les pertes de charge réelles, la perte de charge calculée pour une conduite simple (ΔH_{simple}) est corrigée par le coefficient de réduction de Christiansen (F). Ce coefficient permet de compenser la distribution des débits le long de la conduite et dépend du nombre d'asperseurs uniformément répartis.

$$\Delta H = \mathrm{F} \times \Delta H_{simple}$$

- **Vérification du critère de Christiansen**

Pour garantir une distribution uniforme de l'eau sur le champ, il est essentiel de limiter les variations de débit entre les asperseurs. Habituellement, la différence maximale de pression entre deux asperseurs en fonctionnement (ΔP) ne doit pas dépasser 20 % de la pression de fonctionnement moyenne (Pnom). Les conduites sont ainsi dimensionnées de manière à respecter cette exigence, conformément à la règle de Christiansen.

$$\Delta P = \Delta H - Ei - Ed \leq \Delta Hadm$$

$$\Delta Hadm = 20\% \times Pnom$$

Avec

- **ΔP (m) :** Variation de pression dans la conduite ;
- **ΔHrampe (m) :** Perte de charge dans la conduite ;

- **Ei-Ed (m) :** Dénivelée amont- aval.

III.2.7 Dimensionnement de la station de pompage

La station de pompage constitue le cœur du dispositif d'irrigation, car elle assure la mise en charge de l'eau depuis le forage jusqu'au réseau de distribution. Elle joue un rôle stratégique dans le fonctionnement global du système, en garantissant que les débits et pressions nécessaires soient disponibles pour alimenter efficacement les rampes et les conduites secondaires.

Dans le cas du périmètre étudié, la question énergétique revêt une importance particulière, le village de Moami n'étant pas raccordé au réseau électrique de la SONABEL. Deux alternatives pouvaient être envisagées pour assurer le fonctionnement de la station : l'utilisation de groupes électrogènes ou le recours à l'énergie solaire. Toutefois, la présence sur le site d'une installation de panneaux solaires opérationnelle rend le choix des groupes électrogènes moins pertinent. Le dimensionnement énergétique du système s'est donc inévitablement orienté vers l'exploitation de l'énergie solaire, solution à la fois durable, adaptée au contexte local et cohérente avec les objectifs de résilience et de modernisation de l'agriculture irriguée.

Ainsi, la station de pompage ne se limite pas à un rôle hydraulique ; elle incarne également une orientation stratégique vers les énergies renouvelables, renforçant la durabilité et l'autonomie du projet.

❖ **Choix des pompes**

Le choix de la pompe est une étape essentielle dans la conception du système d'irrigation, car il conditionne la capacité du réseau à fonctionner correctement. Il repose sur plusieurs paramètres qu'il convient de déterminer avec précision. La nature de l'eau à pomper et sa masse volumique influencent directement le comportement hydraulique de l'équipement. À cela s'ajoutent deux éléments fondamentaux : le débit de pompage nécessaire pour couvrir les besoins du périmètre et la hauteur manométrique totale (HMT), qui traduit l'énergie à fournir pour relever l'eau depuis le forage jusqu'aux asperseurs, en tenant compte des pertes de charge et des différences de niveau.

Une fois ces données établies, la sélection de la pompe se fait à partir des catalogues des constructeurs, en recherchant un modèle dont les caractéristiques correspondent aux exigences du projet. Parallèlement, une attention particulière doit être portée à la pompe déjà existante sur le site.

Ses performances hydrauliques et énergétiques doivent être évaluées afin de vérifier si elle est capable de répondre aux besoins du réseau projeté. Cette double démarche (choix d'un modèle adapté et contrôle de l'équipement disponible) permet de s'assurer que la solution retenue garantira un fonctionnement optimal du système d'irrigation, tout en valorisant les installations déjà en place.

- **La Hauteur Manométrique Totale HMT**

La hauteur manométrique totale correspond à l'énergie que la pompe doit fournir pour assurer l'acheminement de l'eau depuis le forage jusqu'au point le plus défavorisé du réseau. Elle se compose de trois éléments principaux :

- ✓ **HMTa** : la hauteur manométrique à l'aspiration, qui traduit l'énergie nécessaire pour amener l'eau de la source jusqu'à la pompe.
- ✓ **HMTr** : la hauteur manométrique au refoulement, qui exprime l'énergie requise pour refouler l'eau dans la conduite.
- ✓ **Charge utile** : la charge supplémentaire indispensable pour délivrer l'eau à la prise la plus éloignée du bassin partiteur, en tenant compte des pertes de charge dans les conduites.

L'équation générale permettant de déterminer la HMT est donnée par :

$\boldsymbol{HMT = HMT_a + HMT_r + HMT_s}$	**HMTa** : hauteur manométrique à l'aspiration **HMTr** : hauteur manométrique au refoulement **Hs** : charge nécessaire

(21)

- **La hauteur manométrique à l'aspiration**

La hauteur manométrique à l'aspiration correspond à l'énergie nécessaire pour amener l'eau de la source jusqu'à la pompe. Elle résulte du cumul de deux composantes principales :

- La hauteur géométrique d'aspiration : différence de niveau entre la surface libre du liquide dans le bac d'admission et l'axe de la pompe.

- Les pertes de charge à l'aspiration : comprenant les pertes linéaires dues au frottement dans les conduites et les pertes singulières liées aux accessoires (coudes, vannes, raccords, etc.).

$HMT_a = H_a + pdc_a$	**HMTa (m)** : hauteur manométrique à l'aspiration **Ha(m)** : hauteur géométrique d'aspiration (m) **Pdca(m)** : pertes de charge à l'aspiration (m)

(22)

Cette grandeur est essentielle pour le dimensionnement, car une aspiration trop élevée ou mal maîtrisée peut entraîner des phénomènes de cavitation et réduire considérablement la durée de vie de la pompe.

- **Le NPSH (Net Positive Succion Head disponible)**

Le NPSH est un critère fondamental pour assurer le bon fonctionnement d'une pompe. Il permet de déterminer la pression disponible à l'aspiration afin de maintenir, en tout point du fluide, une pression supérieure à la pression de vapeur saturante. Cette condition est indispensable pour éviter les phénomènes de cavitation, qui peuvent endommager gravement la pompe et réduire sa durée de vie. Le NPSH disponible (NPSHd) est calculé à partir de la relation suivante :

$NPSH_d > NPSH_r + 0.5$	**NPSHd :** Pression absolue à l'aspiration (m) **NPSHr :** Pression absolue à l'aspiration requis (m)

(23)

- **La hauteur manométrique au refoulement**

La hauteur manométrique au refoulement peut être déterminée en utilisant l'équation suivante

(24)

$\boldsymbol{HMT_r = H_r + pdc_r}$	**HMTr :** hauteur manométrique au refoulement (m) **Hr :** hauteur géométrique de refoulement (m) **Pdcr :** pertes de charge au refoulement (m)

❖ **La pression nominale des conduites**

Le choix de la pression nominale a été effectué après avoir calculé la pression de service ainsi que la pression maximale de service. Le catalogue du fabricant a ensuite servi à sélectionner la pression adaptée en fonction des conditions d'utilisation. La variation de pression est déterminée à l'aide de l'équation suivante :

$\Delta P = \frac{c \times V_0}{g}$	ΔP : variation de la pression (m) c : célérité de l'onde (m/s) V0 : vitesse initiale (m/s) g : accélération de la pesanteur (m/s^2)

(25)

❖ **Le point de fonctionnement de la pompe**

Le point de fonctionnement d'une pompe refoulant dans une conduite traduit l'équilibre entre l'énergie fournie par la pompe et les pertes de charge du système, et détermine ainsi le débit et la hauteur manométrique réels du dispositif. Il correspond à l'endroit où la courbe caractéristique de la pompe croise celle du réseau hydraulique.

❖ **La puissance du moteur**

La puissance requise pour le moteur de la motopompe peut être déterminée en utilisant l'équation (26) :

(26)

$$\boldsymbol{P} = \frac{\boldsymbol{\rho} \times \boldsymbol{g} \times \boldsymbol{Q} \times \boldsymbol{HMT}}{\eta}$$	P : puissance de la motopompe (kW) ρ : masse volumique de l'eau (kg/m3) g : accélération de la pesanteur (m/s2) Q : débit (m3 /s) HMT : hauteur manométrique totale (m) η : rendement de la motopompe

❖ **La source d'alimentation solaire**

- **L'énergie électrique journalière E_j**

L'énergie électrique journalière, notée Ej, correspond à la quantité d'énergie requise pour élever un volume déterminé d'eau à une hauteur donnée au cours d'une journée. Sa valeur est obtenue à partir de la relation mathématique suivante, qui traduit le lien entre le travail fourni par la pompe et les besoins énergétiques du système.

$\mathbf{E_j = P \times T_p}$	E_j (Wh) : Energie électrique journalière ; P (kW) : Puissance de la pompe ; T_p (h) : Temps de pompage.

(27)

- **La puissance crête du champ solaire**

La puissance crête d'un champ solaire correspond à la puissance totale obtenue en additionnant les puissances crêtes individuelles de l'ensemble des panneaux photovoltaïques qui y sont installés. Cette grandeur, représentative de la capacité maximale de production du champ, est exprimée à travers la formule suivante.

$$P_c = \frac{E_j}{\eta_{global} \times \eta_{bat} \times E_i}$$ (28)	**P_c (kWc)** : Puissance crête du champ solaire **E_j (KWc)** : Energie électrique journalière η_{global} : Rendement du générateur PV (Pertes dues à la poussière, à l'échauffement des modules, au câblage, etc), la valeur considérée pour le calcul et de 80% **E_i (KWh/m²/j)** : L'irradiation moyenne journalière du mois le moins ensoleillé sur notre site

- **Choix de la configuration des panneaux solaires**

Le marché offre une large gamme de panneaux solaires, son choix constitue donc un élément déterminant pour la performance globale du système. Une sélection inadéquate peut compromettre son efficacité et engendrer des contraintes techniques. Les modules retenus doivent permettre la mise en place d'une configuration garantissant un fonctionnement optimal, tout en respectant les capacités nominales de l'onduleur.

III.2.8 Evaluation financière de l'aménagement

Un aménagement doit pouvoir apporter un bénéfice au fil du temps. Le délai de retour sur investissement est un élément clé pour juger si l'investissement est rentable. Il est donc important de connaître le coût de réalisation, d'exploitation et de maintenance, ainsi que les bénéfices attendus.

- **Estimation du coût de l'aménagement**

Le coût du projet a été estimé en intégrant l'ensemble des travaux à réaliser, notamment le volume des ouvrages prévus, ainsi que les dépenses liées à l'acquisition des équipements et à la main-d'œuvre.

- **Evaluation de la rentabilité**

Pour apprécier la rentabilité d'un aménagement, il faut comparer les dépenses et les recettes liées à son exploitation. Le taux de rentabilité interne correspond au rapport entre le résultat obtenu et l'argent investi. Il sert à vérifier si le projet est rentable et à estimer le temps nécessaire pour récupérer l'investissement. En calculant ces éléments, on peut déterminer la rentabilité de l'aménagement grâce à l'équation ci-dessous.

$$DRI = \frac{Coût\ du\ projet}{Bénéfice} \quad (29)$$

III.2.9 Entretien et gestion des périmètres

Une ligne directrice pour l'entretien des ouvrages et des équipements du périmètre a été proposée, accompagnée d'un mode de gestion visant à garantir la durabilité des installations. Par ailleurs, un programme d'irrigation a été élaboré afin d'optimiser la distribution de l'eau au sein du périmètre et d'assurer un fonctionnement régulier du système.

IV RESULTATS D'ETUDE TECHNIQUE

Cette section du document expose les conclusions issues des différentes étapes du projet. Conformément aux objectifs fixés, les résultats mettent l'accent sur la phase d'exploration sur le terrain, incluant la reconnaissance et l'identification du site ainsi que les études pédologiques. Ils intègrent également les analyses techniques, financières et environnementales réalisées par la suite.

IV.1 Etat des lieux et diagnostic du périmètre

L'analyse de l'état des lieux et du diagnostic du périmètre a permis de mettre en évidence l'historique du site, les infrastructures existantes ainsi que les caractéristiques techniques des ouvrages hydrauliques et énergétiques. Ces résultats constituent une base essentielle pour la conception du futur aménagement irrigué.

❖ Historique et reconnaissance technique du périmètre

Le périmètre concerné par la présente étude est une propriété privée acquise en 2018. Un premier aménagement y a été réalisé en mars 2019, comprenant la réalisation d'un forage, l'installation d'une pompe immergée, la mise en place d'un château d'eau métallique surélevé ainsi que la construction d'un champ photovoltaïque. Ces infrastructures ont été mises en place dans le but d'assurer l'irrigation d'arbres fruitiers, principalement des manguiers et des citronniers, sur une superficie d'environ cinq (5) hectares. À ce jour, ces plantations sont toujours en place et alimentées en eau par le forage, conférant ainsi au site une vocation arboricole qui doit être prise en compte dans l'analyse globale du projet.

Afin de faciliter l'analyse et l'organisation fonctionnelle du périmètre, le site a été subdivisé en trois zones homogènes. La zone 1 correspond à l'espace réservé à l'habitation et aux infrastructures annexes, la zone 2 est dédiée au verger arboricole existant, tandis que la zone 3 constitue la zone d'extension agricole allouée au présent projet et représente la partie du périmètre à aménager dans le cadre de cette étude. La Figure 5 ci-après, extraite de l'imagerie satellite Google Earth, met en évidence la délimitation des différentes zones fonctionnelles du site et permet une meilleure appréhension de l'organisation générale du périmètre.



Figure 5: Reconnaissance été subdivision du site

La visite de terrain a permis de confirmer la localisation exacte du périmètre et d'apprécier ses caractéristiques physiques et environnementales. Le site est facilement accessible et présente un potentiel favorable à l'aménagement. Cependant, certaines contraintes ont été relevées, notamment le vieillissement de certaines installations, soulignant la nécessité de mettre en place un entretien régulier pour garantir leur bon fonctionnement et leur durabilité.

Les échanges avec le gestionnaire du site ont apporté des informations complémentaires sur le fonctionnement des équipements et les principales difficultés rencontrées. Il en ressort que, malgré la présence d'infrastructures de base, des problèmes liés à la continuité de l'alimentation énergétique, à la gestion du débit du forage et à l'entretien du réservoir surélevé limitent l'efficacité du système actuel. Ces constats orientent directement les choix techniques à retenir pour la conception du futur périmètre irrigué.

❖ Caractéristiques techniques des ouvrages existants

L'analyse des infrastructures hydrauliques et énergétiques présentes sur le périmètre a permis de relever les principales caractéristiques techniques des ouvrages existants. Leur état et leurs capacités réelles orientent directement les choix techniques à envisager pour la conception du réseau projeté.

Le forage, d'une profondeur totale de 87,80 m, présente un niveau statique de 39,40 m et un niveau dynamique de 39,81 m. Son débit soutenable est estimé à 5,14 m³/h, offrant une disponibilité en eau suffisante pour répondre aux besoins du périmètre. Toutefois, cette situation impose une gestion raisonnée de la ressource afin d'assurer sa durabilité.

La pompe installée est une pompe submersible solaire de marque SamKing, dont les paramètres techniques sont adaptés au débit nominal requis et à la hauteur manométrique totale nécessaire pour l'alimentation du réservoir.

Le réservoir surélevé, d'une capacité de 25 m³, permet de stocker l'eau pompée et d'assurer sa distribution par gravité.

Le champ photovoltaïque fournit quant à lui une puissance suffisante pour alimenter la pompe, garantissant ainsi l'autonomie énergétique du site et contribuant à réduire les coûts d'exploitation.

Pour mieux synthétiser ces informations et mettre en évidence leurs implications pour le projet, le tableau ci-après présente les principales caractéristiques des ouvrages ainsi que les observations qui en découlent.

Tableau II:caractéristiques principales des ouvrages existants

Ouvrages	Caractéristiques techniques	Observations techniques
Forage	– Profondeur : 87,80m – Niveau statique : 39,40 – Niveau dynamique :39,81m – Débit : 5,14m^3/h	– Faible rabattement entre niveaux statique et dynamique, indiquant une bonne productivité de l'ouvrage – Débit modéré mais relativement stable
Pompe	– Type : Pompe immergée solaire – Marque : SamKing – Fonctionnement couplé à un champ photovoltaïque	– Pompe adaptée au débit nominal du forage – Technologie appropriée aux zones rurales non raccordées au réseau électrique

Réservoir	– Capacité : 25 m³ – Type : Château d'eau métallique surélevé	– Capacité de stockage importante – Permet le découplage pompage–distribution – Favorise une distribution gravitaire
Champ PV	– Puissance suffisante pour le fonctionnement du système de pompage	– Autonomie énergétique du site – Dépendance aux conditions d'ensoleillement

❖ **Résultats des analyses physico-chimiques et bactériologique**

Les résultats des analyses se trouvant l'annexe montrent que l'eau du forage est de bonne qualité pour l'usage agricole, avec une minéralisation faible et une composition chimique équilibrée. Les analyses bactériologiques révèlent l'absence totale de contamination. Ces résultats sont conformes aux directives de l'OMS pour l'eau de consommation, ce qui confirme que l'eau est non seulement adaptée à l'irrigation mais également potable.

Synthèse des résultats

L'analyse du site révèle des installations hydrauliques et énergétiques déjà opérationnelles, initialement conçues pour des cultures fruitières. Le forage, d'une profondeur de 87,80 m, fournit une eau de bonne qualité avec un débit soutenable de 5,14 m³/h. Le réservoir surélevé, en liaison avec le champ photovoltaïque, assure le stockage de l'eau et l'alimentation énergétique du système. La pérennité de l'ensemble dépend toutefois d'une gestion rationnelle de l'eau et d'un entretien régulier des équipements.

Dans cette optique, il semble possible de mobiliser les infrastructures existantes pour la mise en place d'un système d'irrigation destiné à la culture du piment. Cette approche reste néanmoins conditionnée à la vérification de la compatibilité des caractéristiques techniques des ouvrages (débit du forage, performance de la pompe, capacité du réservoir et puissance effective du champ)

IV.2 Etude topographique

Le traitement des coordonnées relevées sur le terrain a permis de tracer les courbes de niveau du périmètre étudié. La figure 6 ci-dessous présente ces courbes de niveau obtenus, tandis que l'annexe N°2 récapitule les coordonnées de l'ensemble des points utilisés.



Figure 6: Topographie du site

IV.3 Etude pédologique

L'analyse des données recueillies a permis de déterminer la conductivité hydraulique saturée (Ksat). Les valeurs individuelles de Ksat obtenues à l'issue des essais d'infiltration sont présentées dans le tableau IV.

Malgré une variabilité relativement élevée des valeurs de Ksat (CV = 35,67 %), les essais d'infiltration sont jugés acceptables, car la conductivité hydraulique saturée est connue pour présenter une forte variabilité spatiale dans les sols naturels. Des coefficients de variation supérieurs à 50 % sont fréquemment rapportés dans la littérature pour les sols naturels (Deb & Shukla, 2012 ; Usowicz & Lipiec, 2021).

Tableau III: Valeurs de la conductivité

Points	Ksat
M1	11,44
M2	17,44
M3	10,34
M4	9,5
M5	21,36
M6	11,07
M7	14,32
M8	9,56
M9	14,48
M10	11,58
M11	8,24
M12	7,91
M13	8,84
M14	11,4
M15	3,78
Moyenne	11,42
Ecart type	4,07
CV%	35,67
Humidité point de flétrissement Hpf (%)	16,6
Humidité capacitée au champ Hcc (%)	26,2
Réserve utile	9,6
Type de sol	Sableux-argilo-limoneuse

La valeur moyenne de la conductivité hydraulique saturée obtenue est de 11,42 mm/h. Cette valeur est caractéristique d'un sol à texture sableux-argilo-limoneuse, présentant une perméabilité modérée, et reste conforme aux plages de valeurs rapportées dans la littérature pour ce type de sol.

Les détails relatifs à la méthodologie et au traitement des résultats sont présentés en annexe et la figure ci-après montre les résultats issus du logiciel SWC.

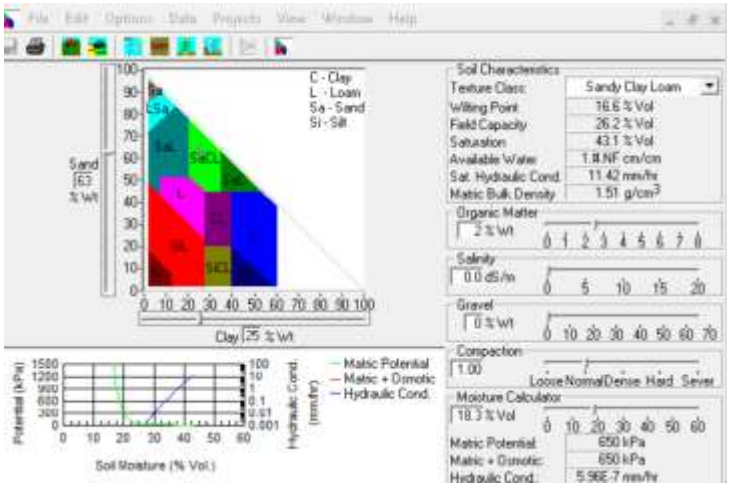


Figure 7: résultats issus du logiciel SWC.

IV4. Caractéristiques de la spéculation retenue et justification des choix

❖ **Description**

Le piment (*Capsicum spp.*) est une plante herbacée de la famille des Solanaceae, originaire d'Amérique centrale et du Sud. Il s'agit d'une culture maraîchère annuelle ou pérenne selon les variétés, caractérisée par une croissance rapide et une forte exigence en chaleur et en ensoleillement. La plante peut atteindre une hauteur variant de 40 cm à 1,5 m, avec un système racinaire fasciculé relativement profond, favorisant une bonne exploration du sol. Les fleurs, généralement blanches, apparaissent à l'aisselle des feuilles et donnent naissance à des fruits charnus de formes diverses (allongées, coniques ou arrondies) et de couleurs variables (vert, rouge, jaune ou orange) selon le stade de maturité et la variété.

❖ **Les variétés**

Le marché burkinabé est dominé par des variétés locales et importées. Les variétés locales, bien adaptées aux conditions agroécologiques, produisent des fruits de taille moyenne à grande, souvent utilisés pour la consommation domestique et la transformation artisanale. Les variétés améliorées, introduites par la recherche agronomique et les échanges régionaux, offrent des fruits plus homogènes, de meilleure qualité organoleptique et répondant aux exigences du marché (taille,

couleur, intensité du piquant). Parmi les variétés couramment cultivées figurent le piment Cayenne, sélectionnée dans le cadre de ce projet pour son rendement et sa résistance aux maladies.



Figure 8: Piment Cayenne

- **Justification du choix du Piment comme spéculation pour l'aménagement**

Le choix, imposé dans le cadre de l'étude, se justifie par ses caractéristiques agronomiques, économiques et sociales qui en font une culture stratégique dans la région du Guiriko (Hauts-Bassins).

Sur le plan agronomique, le piment est une culture maraîchère exigeante en chaleur et en ensoleillement, conditions bien présentes dans notre contexte local. Son cycle, relativement long, (205 à 225 jours), impose une gestion attentive de l'irrigation. Cette plante se développe bien dans des sols argilo-sableux ou limoneux bien drainés, avec un pH optimal compris entre 5,5 et 6,8, type de sol que l'on retrouve fréquemment dans la zone étudiée (phytotop.net).

Sur le plan économique, le piment constitue une spéculation à forte valeur ajoutée. Il bénéficie d'une demande soutenue sur les marchés locaux et régionaux, aussi bien sous forme fraîche que transformée (séché, en poudre ou en sauces). Les rendements moyens, évalués entre 5 et 10 tonnes par hectare selon les pratiques culturales, offrent une rentabilité significative et contribuent à l'amélioration des revenus des producteurs. La diversité des débouchés commerciaux et la possibilité de valorisation post-récolte renforcent l'intérêt économique de cette culture

Sur le plan social, le piment est déjà intégré dans les habitudes culturales des exploitants de la région. Sa maîtrise technique par les producteurs limite les risques liés à l'introduction d'une nouvelle culture et favorise l'appropriation du projet. De plus, le piment joue un rôle important dans l'alimentation locale et dans la dynamique des marchés maraîchers, ce qui renforce sa pertinence sociale.

- **Justification du choix du système d'irrigation**

Pour répondre aux besoins en eau élevés du piment et à son cycle de culture relativement long, un système de micro aspersion alimenté par énergie photovoltaïque a été retenu. Ce système permet une répartition homogène de l'eau, limite les pertes par évaporation et maintient un niveau d'humidité optimal à toutes les étapes de croissance, de la végétation à la fructification. L'énergie solaire assure l'autonomie du périmètre, réduit les coûts d'exploitation et favorise une gestion durable des ressources en eau.

IV5. Dimensionnements du périmètre

Analyse des données de base et Design Préliminaire

L'analyse des paramètres climatiques, pédologiques, hydriques et culturaux a permis d'estimer de manière cohérente la réserve facilement utilisable du sol, d'identifier le besoin en eau maximal durant la période de pointe, d'établir un calendrier d'irrigation adapté au cycle cultural, de définir la dose brute d'irrigation, d'évaluer la durée d'arrosage par poste et de déterminer avec précision le débit total requis pour le bon fonctionnement du système.

Les paramètres utilisés pour le dimensionnement ont été calculés à partir des équations (1) à (8). Afin d'assurer un approvisionnement optimal en eau aux cultures, une durée maximale d'irrigation quotidienne de 12 heures a été retenu

- **Evaluation des besoins en eau du Piment et des données de base**

Les besoins en eau ont été estimés pour une campagne sèche à partir du mois d'Avril. Cette période a été choisie, car elle est considérée comme étant la période la plus chaude dans la zone.
Une évaluation mensuelle des besoins en eau est réalisée en prenant en considération la demande maximale du mois de pointe pour le dimensionnement. A l'issu des calculs, il a été déterminé que

les besoins en eau pour le piment s'élèvent à 131,85 mm/mois. Le tableau N°V présente le résultat sur le calcul des besoins en eau.

Tableau IV:Besoins en eau du piment

Stades	Initiale (25)	Croissance (35)		Mi-saison (40)		Arrière-saison (20)
Mois	Mars	Avril		Mai	Juin	
Durée moyenne du mois	31	30		31	30	
Durée moyenne pour le stade	25	6	29	1	31	8	20
kc	0,35	0,7	0,7	1,05	1,05	1,05	0,9
Kc équivalent	0,42	0,71		1,05	0,88	
ETP (mm/mois)	236,4	210		149,7	124,8	104,7
ETM (mm/mois)	99	149,45		157,185	109,824	92,136
Pluie (mm/mois)	17	22		125	205	289
Pluie efficace (mm/mois)	10,2	17,6		100	164	231,2
BN (mm/mois)	88,6	131,85		57,19	-54,18	-139,06
BN (mm/jour)	2,86	**4,40**		1,84	-1,81	-4,64

- **Design préliminaire**

Le calcul des autres paramètres mentionnés précédemment a été réalisé selon deux approches afin de vérifier la cohérence du dimensionnement. La première méthode s'appuie sur les données issues de CROPWAT, notamment une évapotranspiration de référence de 7 mm/j et une pluie mensuelle de 22 mm. La seconde méthode, utilisée à titre de vérification est basée sur les formules nommées plus haut.

Les résultats correspondants sont exposés dans les tableaux ci-dessous qui regroupe les valeurs obtenues pour les paramètres du dimensionnement préliminaire.

Tableau V:Résultats du dimensionnement préliminaires

Désignation	Valeurs
Hcc(%)	26,2
Hpf (%)	16,6
RU(cm/m)	9,6
RU(mm/m	96
Zr	1,5

P	0,60
RFU	86
F (j)	19,66
T(j)	3
Dr (mm)	13,19
Efficience d'application	0,7
Db (mm)	18,84
Temps de travail maximal (h/j)	**8**
Débit d'équipement(l/s/ha)	**2,2**
Débit total du système(m3/h)	**21,2**

Le débit d'équipement recommandé pour l'irrigation par aspersion se situe entre 1,5 et 2,5 l/s/ha (Keita, 2009–2021). Le débit d'équipement retenu dans cette étude est de 2,2 l/s/ha, valeur acceptable au regard des caractéristiques du site étudié.

- **Hypothèse sur le débit du forage**

À l'issue du dimensionnement préliminaire du système d'irrigation, il apparaît que le débit soutenable du forage existant est insuffisant pour couvrir, à lui seul, les besoins en eau des cultures projetées dans les conditions de fonctionnement optimales. Dans le cadre de la présente étude, un débit de référence de 25m³/h a donc été retenu pour le dimensionnement hydraulique du réseau.
Si le débit réel fourni par le forage se montrait inférieur à celui retenu comme référence, plusieurs ajustements pourront être envisagés. Il sera possible de réduire le débit de service du réseau, de subdiviser davantage le périmètre en secteurs d'irrigation, ou encore d'allonger la durée du tour d'eau. Ces mesures permettront de continuer à irriguer l'ensemble de la surface cultivée tout en optimisant l'usage de l'eau.

- **Comparaison des configurations avec et sans réservoir de stockage**

Deux configurations ont été étudiées pour le fonctionnement du système d'aspersion : le pompage direct à l'énergie solaire sans réservoir et le recours à un réservoir surélevé comme tampon. Sans réservoir, l'eau est directement acheminée vers les asperseurs, ce qui rend le débit et la pression très sensibles aux variations de l'irradiation solaire. Installer un réservoir surélevé permet de

stabiliser l'irrigation et de sécuriser le système face aux fluctuations photovoltaïques. Bien que l'investissement initial soit plus élevé, cette configuration offre une meilleure fiabilité et constitue la solution retenue pour l'avant-projet détaillé.

- **Volume du réservoir d'eau**

Le réservoir est conçu comme un réservoir tampon permettant de séparer le fonctionnement de la pompe de celui du réseau d'irrigation. Il stocke temporairement l'eau pompée et garantit une pression stable au niveau des asperseurs, même en cas de variations du débit ou de coupure momentanée. Le réservoir a été dimensionné en tenant compte du débit du réseau et de l'organisation de l'irrigation par postes.

En considérant un débit de pompage de 25 m^3/h et une autonomie d'une heure, le volume utile est estimé à 25 m^3. En intégrant une marge de sécurité de 25 %, le volume total requis est évalué à environ 31 m^3. Un réservoir surélevé de capacité normalisée de 35 m^3 est donc retenu.

Afin de garantir une pression de service de 2 bars au niveau des asperseurs, la hauteur du plan d'eau du réservoir surélevé est fixée à environ 30 m, incluant les pertes de charge du réseau et une marge de sécurité.

❖ Design final

- **Découpage parcellaire et organisation de l'arrosage**

Afin d'assurer une gestion rationnelle de l'eau d'irrigation et une exploitation efficace le périmètre a été découpé en trois (3) blocs d'arrosage d'environ 0,45 ha chacun. Chaque bloc est composé de deux (2) sous-unités, constituées de portes rampes. Ce découpage permet d'adapter le débit disponible du système aux besoins de chaque bloc, de limiter les pertes de charge dans le réseau et de garantir une pression de service adéquate au niveau des asperseurs.

Les dimensions des parcelles sont consignées dans le tableau VII :

Tableau VI: Découpage parcellaire

Découpage parcellaire (P1-P2-P3-P4-P5-P6)	
Longueur (m)	**75**
Largeur (m)	**60**
Aire (ha)	**0,45**

L'organisation de l'arrosage repose sur une alternance journalière des blocs, de sorte qu'un seul bloc est irrigué par jour. Ainsi, les sous-unités P1 et P2 sont irriguées le premier jour, P3 et P4 le deuxième jour, et P5 et P6 le troisième jour et le cycle recommence le quatrième jour. Ce schéma

assure le respect du tour d'eau de 3 jours pour chaque parcelle. Pour chaque poste d'arrosage, le débit à mobiliser dans le réseau est de 21,20 m 3/h avec une durée par poste de 3 heures dont les détails des calculs sont fournis dans l'annexe N°3.

La figure N°8 ci-dessous présente la disposition globale du périmètre pour l'arrosage et la synthèse de cette organisation est présentée dans le tableau N°

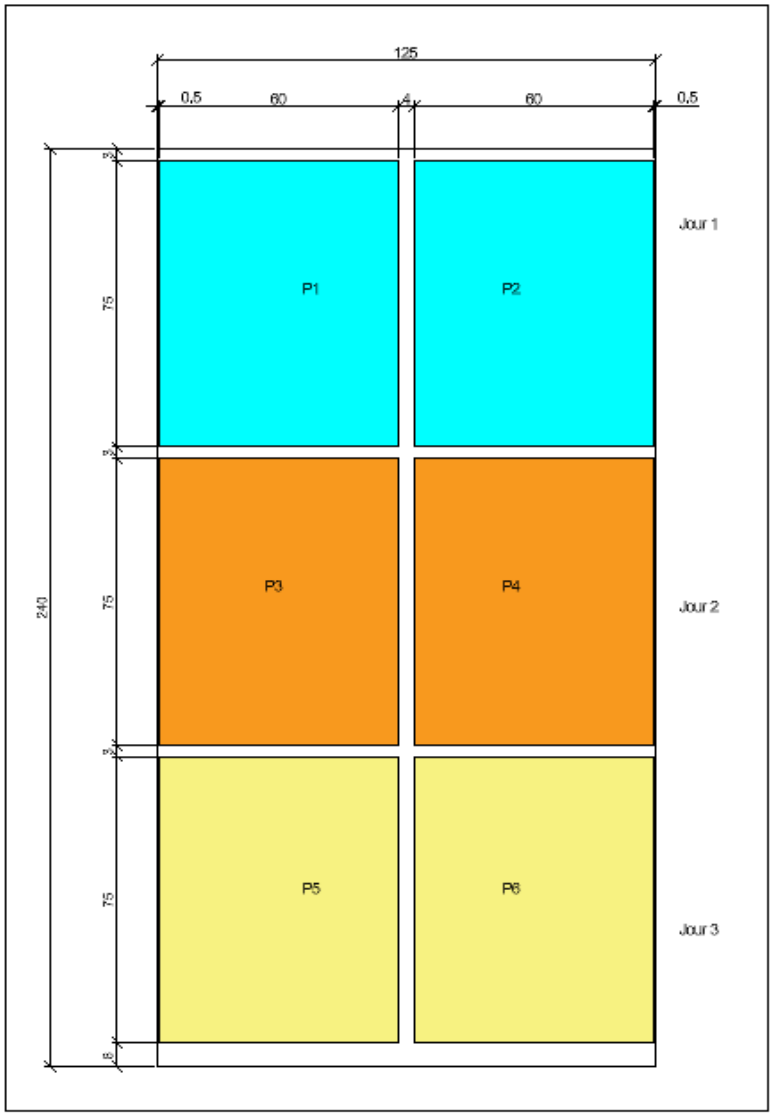


Figure 9:Schéma de la disposition des parcelles

Tableau VII:Organisation de l'arrosage

Organization de l'arrosage				
Jours	**Sous-unités**	Nombre de postes	Nombre total de postes par jour	Nombre de rampes en fonctionnement simultané
Jour 1	**P1**	1	2	10 rampes en fonctionnement simultané par poste
	P2	1		
Jour 2	**P3**	1	2	10 rampes en fonctionnement simultané par poste
	P4	1		
Jour 3	**P5**	1	2	10 rampes en fonctionnement simultané par poste
	P6	1		

Nous avons choisi d'implanter les modules photovoltaïques à l'intérieur de la surface cultivée. Ce choix s'explique par le fait qu'une installation en périphérie exposerait les panneaux à de fortes variations de température, susceptibles d'accélérer leur vieillissement et de réduire leurs performances. En les positionnant au sein du périmètre, le système bénéficie du microclimat créé par la couverture végétale, ce qui favorise une stabilité thermique accrue et améliore à la fois le rendement énergétique et la longévité des équipements.

La figure 10 présente le schéma d'implantation de l'aménagement, en mettant en évidence l'organisation parcellaire, le tracé du réseau d'irrigation, l'emplacement des asperseurs, des modules photovoltaïques, de la maisonnette ainsi que du local de stockage des intrants.

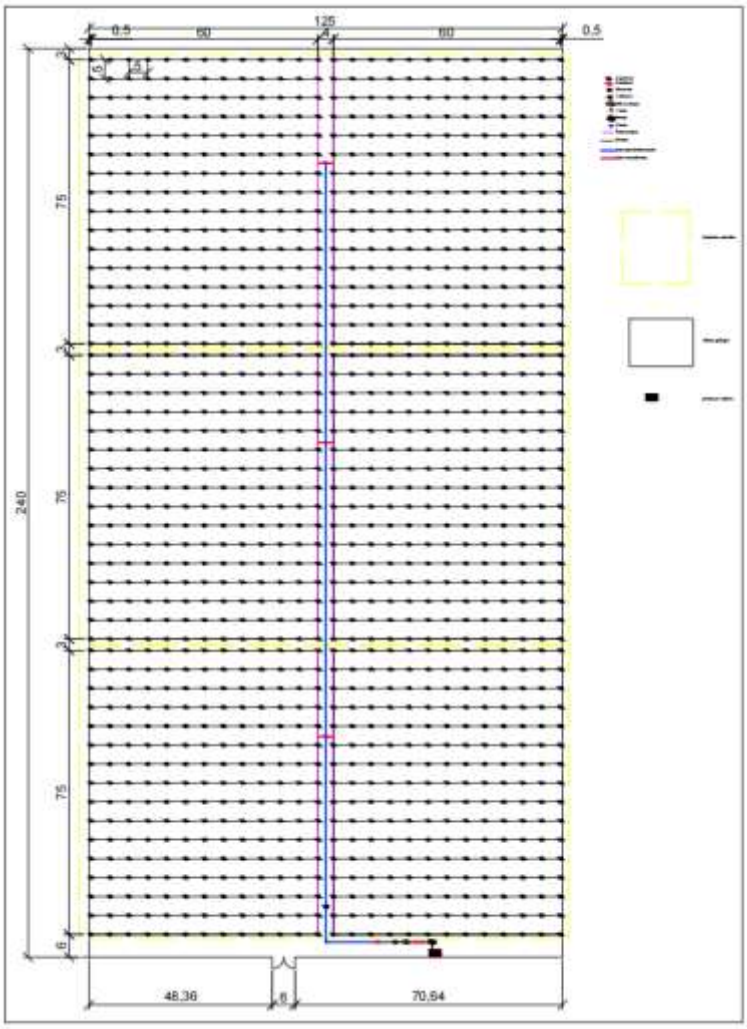


Figure 10: Plan d'aménagement du périmètre

- **Choix des asperseurs**

Le choix des micro-asperseurs s'est appuyé sur plusieurs critères techniques, le débit, le diamètre mouillé et la pression nominale

Nous avons spécifiquement sélectionné les micro-asperseurs en veillant à ce que leur pluviométrie demeure inférieure à la vitesse d'infiltration du sol. La figure N°10 illustre le type d'asperseur utilisé, tandis que ses caractéristiques détaillées sont présentées dans le tableau IX. Le catalogue complet est disponible en annexe.



Figure 11: Le micro-asperseur

Tableau VIII:Caractéristiques du micro-asperseur

CARACTERISTIQUES DU MICRO ASPERSEUR CHOISIS	
Type d'asperseur	**Rotatteur (Water Bird Classic)**
Pnom Retenue(bar)	**2**
Pnom Retenue(m)	**20**
Diamètre mouillé maximal	**10,5**
Qasp (l/h)	**156**
Qasp (m3/h)	**0,156**
Pasp (mm/h)	**6,24**

- **Dimensionnement des conduites (Rampes, porte-rampe, sous-primaires, primaire et transport)**

Le dimensionnement du réseau d'irrigation concerne la distribution de l'eau depuis la source jusqu'aux cultures. Le système d'irrigation se compose de rampes, de porte-rampes, de conduites sous-primaires, ainsi que de conduites primaire et de transport. Les longueurs des conduites ont été déterminées en fonction de la configuration du périmètre. La vitesse utilisée pour la détermination des diamètres théoriques est de 1,7 m/s. Les débits et diamètres obtenus sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau IX:Dimensionnement des conduites

Conduites	Q(m3/h)	Longueur (m)	Dint (mm)	Dcom (mm)	F	ΔH_simple(m)	ΔH_adm_new(m)
Rampes	2,12	60	21,01	25	0,415	1,886	2,114
Porte rampe	21,20	75	66,43	90	0,394	0,299	3,701
Sous-primaire	21,20	1,5	66,43	90	1,00	0,015	3,985
Primaire	21,20	250	66,43	90	0,435	1,099	2,901
Transport	21,20	50	66,43	90	1	0,505	2,396

Les conduites des rampes ont été choisies en PEHD de 25 mm de diamètre (DN 25), tandis que celles des porte-lampes sont en DN 90. Les conduites sous-primaires, la conduite primaire et la

conduite de transport ont été réalisées en PVC DN 90, avec une pression nominale de 4 bars (PN4). Cette configuration vise à réduire les pertes de charge dans le réseau, limitant ainsi les contraintes sur la pompe, le champ photovoltaïque et le système de stockage.

Selon le critère de Christiansen, les pertes totales dans le réseau restent inférieures à 20 % de la pression nominale des asperseurs, ce qui valide le choix du DN 90 pour les conduites principales. Les calculs détaillés sont présentés en annexe.

- **Conduite de transport ou de refoulement**

Les diamètres obtenus avec les différentes formules empiriques sont présentés ci-dessous.

Tableau X:Dimensionnement de la conduite de transport

Auteurs	Debits (m3/s)	Nombre d'heure de pompage n (h)	Diamètres theoriques (m)	Diamètres theoriques (mm)	Vref (m/s)	Diamètres retenus (mm)	Condition GLS
Bresse	0,00589	8	0,115	115,11	0,57	90	**1,2**
Bonnin	0,00589		0,077	76,74	1,27	90	**1,2**
Bedjaoui	0,00589		0,097	97,46	0,79	90	**1,2**
Meunier	0,00589		0,089	89,02	0,95	90	**1,2**

La condition GLS est vérifiée pour l'ensemble des formules empiriques, à l'exception de la formule de Bonnin, pour laquelle la vitesse de référence est légèrement supérieure à celle obtenue après application de la condition GLS. Nous avons choisi de conserver un diamètre de 90 mm pour la conduite de transport ou de refoulement.

- Dimensionnement des pompes

Le choix de la pompe repose principalement sur la hauteur manométrique totale (HMT) ainsi que sur le débit à assurer dans le réseau. Les détails de calcul de la HMT se trouve à l'annexe du document.

Les pertes de charge singulières ont été intégrées au calcul en les fixant à 10 % des pertes de charge linéaires, auxquelles s'ajoutent 2 m de pertes au niveau des filtres à disques. Les calculs réalisés ont ainsi permis de retenir une hauteur manométrique totale de 90m.

En fonction de cette HMT et du débit requis, le dimensionnement a conduit au choix d'une pompe de marque LARENS, modèle 4LSC25/95-380/2200-H. Les caractéristiques techniques de la pompe sélectionnée sont présentées dans le tableau XII.

Caractéristiques	Valeurs
Nom de la pompe	LIKOU (LARENS)
Puissance absorbée (kW)	**16**
Tension (V)	**380**
Débit nominal (m^3/h)	**25**
HMT (m)	**95**
Rendement (%)	**40%**

Tableau XI:Caractéristiques de la pompe



Figure 12:Pompe LARENS

❖ Dimensionnement de la source d'énergie

Le champ photovoltaïque permettra d'alimenter le système de pompage du forage tout en assurant la charge des batteries de stockage. En période d'absence de production solaire, notamment au coucher du soleil, l'alimentation électrique du système sera assurée par les batteries, garantissant ainsi la continuité du pompage et l'approvisionnement en eau du périmètre irrigué. Cette configuration reposera sur l'utilisation de contrôleurs de charge hybrides, assurant la gestion intelligente des flux d'énergie entre la source photovoltaïque, le stockage et les équipements de pompage.

Dans le cadre de ce projet, des batteries de type $LiFePO_4$ (Lithium Fer Phosphate) ont été retenues en raison de leurs avantages environnementaux, notamment leur caractère non toxique, non contaminant et l'absence de matériaux rares dans leur composition. Ces batteries présentent également une bonne résistance aux variations de température ainsi qu'une durée de vie élevée, supérieure à dix ans (Systec-solutions, 2020). En ce qui concerne la production d'énergie solaire, des modules photovoltaïques monocristallins ont été considérés, en raison de leur rendement supérieur à celui des modules polycristallins (Keita, 2009–2021). Pour la conversion et la gestion

de l'énergie, des onduleurs hybrides MPPT de type Growatt ont été choisis, en raison de leur robustesse et de leur durabilité.

À l'issue du dimensionnement, la puissance requise pour le système est estimée à 18 kWc. La source d'énergie sera ainsi constituée d'un champ photovoltaïque composé de 30 modules, organisés en 5 strings de 6 modules montés en série. Ce champ sera couplé à un parc de 20 batteries, configurées en 5 batteries en série et 4 branches en parallèle, afin de garantir l'autonomie énergétique du système. Pour gérer et optimiser les flux d'énergie entre le champ photovoltaïque, le parc de batteries et les équipements consommateur nous avons retenus 03 trois onduleurs hybrides de 6 KW chacun.

Les caractéristiques du champ photovoltaïque sont présentées dans le Tableau XIII.

Tableau XII:Caractéristiques du champ photovoltaïque

Désignations	Valeurs
Nombre de modules	**30 en disposition 6S5P**
Puissance totale (kWC)	**18**
Type et nombres de batteries	**LiFePO4 / 20 en disposition 5S4P**
Nombre d'onduleur hybride	**3**

IV.6 Evaluation financière du projet

- Estimation du coût du projet

Le coût global du projet s'élève à **46.244.375** francs CFA tous taxes comprises. Le récapitulatif de l'évaluation du coût des travaux est présenté dans le Tableau XIV ci-dessous.

Tableau XIII:Coûts de réalisation de l'aménagement

Désignation	Valeurs
Préparation du site	**1.350.000**
Unité de pompage	**23.190.000**

Réseau d'irrigation	**10.799.500**
Clôture et porte d'accès	**2.070.000**
Couts MO/Installation (25% coût total)	**8.834.875**
TOTAL INVESTISSEMENT	**46.244.375 CFA**

❖ Etude de la rentabilité financière

L'évaluation de la rentabilité du projet s'effectue à partir de l'analyse des flux de trésorerie, en intégrant les recettes et les dépenses prévues sur la période d'étude. Cette analyse vise à évaluer la rentabilité financière du projet pour son promoteur, notamment en déterminant le délai nécessaire pour amortir les coûts liés à l'investissement initial ainsi qu'aux charges d'exploitation.

Production prévisionnelle

Pour la culture du piment, la densité de plantation recommandée se situe généralement entre 20 000 et 30 000 plants par hectare, en fonction de l'itinéraire technique adopté (PhytoTop). Le rendement potentiel du piment est estimé entre 0,25 et 0,5 kg par plant, selon les conditions agro-pédoclimatiques, la disponibilité en eau et les pratiques culturales mises en œuvre. Ramené à l'hectare, le rendement du piment peut ainsi atteindre des valeurs comprises entre 5 et 10 t/ha dans les systèmes de culture maraîchère irriguée en Afrique de l'Ouest (AVRDC, 2013).

Pour estimer de manière réaliste la valeur de la production, un taux moyen de pertes post-récolte de 25 % a été pris en compte.

Les détails relatifs à la production de piment sont présentés dans le tableau XV.

Tableau XIV:Production prévisionnelle du piment

Production et valeur de la production							
Années	Surperficie (ha)	Rendement (t/ha)	Production (t/campagne)	Nombre_campagne/an	Prix unitaire FCFA/kg	Valeurs brutes de la production (FCFA)	**Valeurs nettes estimées de la production (FCFA)**
Année 1	3	5	15	1	600	9 000 000	**5 850 000**
Année 2		5	15	2	600	18 000 000	**11 700 000**
(n+3) ème Année		5	15	2	600	18 000 000	**11 700 000**

En retenant un prix de vente unitaire de 600 FCFA par kilogramme pour la commercialisation, le chiffre d'affaires prévisionnel est estimé à 5 850 000 FCFA au cours de la première année.

Dans le cadre d'une culture irriguée, le piment peut être produit sur deux campagnes par an. Ce nombre de campagnes est retenu dans la présente étude, car il constitue un compromis réaliste entre l'intensification de la production et la durabilité du système agricole. Le chiffre d'affaires s'élève donc à 11.700.000 FCFA à partir de la deuxième année.

- **Charges d'exploitation**

Les charges d'exploitation prises en compte regroupent les salaires, les intrants agricoles et une provision pour imprévus correspondant à 10 % du coût des intrants. Les intrants sont évalués par campagne. Les charges variables s'élèvent ainsi à 1.045.000 FCFA la première année et à 2.090.000 FCFA à partir de la deuxième année, comme détaillé dans les tableaux XVI et XVII.

Tableau XV: Coût des intrants à la première année

Intrants pour l'exploitation (Année 1)						
Désignations	Unité	Prix unitaire (FCFA)	Nombre de fois/campagne	Nombre_campagne/année	Quantités/campagne	Prix total (FCFA)
Engrais NPK	kg	600	3	1	300	540 000
Nématicides	kg	10 000	1		24	240 000
Uré	kg	500	1		300	150 000
Fongicides	kg	10 000	1		2	20 000
Imprévu(10%)						95 000
Total						**1 045 000**

Tableau XVI: Coût des intrants à partir de la deuxième année

Intrants pour l'exploitation (Année 2 aux (n+3)ème Année)						
Désignations	Unité	Prix unitaire(FCFA)	Nombre de fois/campagne	Nombre_campagne/année	Quantités/campagne	Prix total (FCFA)
Engrais NPK	kg	600	3	2	300	1 080 000
Nématicides	kg	10 000	1		24	480 000
Uré	kg	500	1		300	300 000
Fongicides	kg	10 000	1		2	40 000
Imprévu(10%)						190 000
Total						**2 090 000**

En intégrant les coûts liés à la rémunération du personnel, les charges totales d'exploitation du périmètre sont évaluées à 2 245 000 FCFA pour la première année. À compter de la deuxième année, ces charges atteignent 3 290 000 FCFA, reflétant l'évolution du niveau d'exploitation.

- **Le compte d'exploitation**

L'analyse du compte d'exploitation a permis de mettre en évidence les principaux indicateurs de performance économique du projet, notamment le taux de rentabilité interne (TRI), la valeur actuelle nette (VAN) et la durée de retour sur investissement (DRI). Le TRI calculé s'élève à **15,70 %** sur un horizon d'analyse de six ans, et ce, pour l'ensemble des scénarios étudiés.

Les détails des calculs sont présentés en annexe, tandis que le tableau XVIII récapitule les principaux résultats obtenus.

Tableau XVII:Evaluation financière

Désignation	Coûts
Investissement (FCFA)	**46 244 375**
TRI	**0,1570**
TRI en %	**15,70**
DRI (ans)	**6**

IV.7 Etude d'impact environnemental et social

La mise en œuvre de tout projet engendre des implications, pouvant produire à la fois des effets bénéfiques et des effets préjudiciables sur l'environnement. La présente partie de l'étude est consacrée à l'évaluation des impacts environnementaux et sociaux potentiels du projet.

Dans une démarche de protection de l'environnement, le Burkina Faso s'est doté d'un cadre réglementaire visant à encadrer la gestion durable des ressources naturelles. À cet effet, le décret n°2001-342/PRES/PM/MEE du 17 juillet 2001 fixe la liste des projets soumis à une évaluation environnementale, ainsi que les documents de planification requis. Conformément aux dispositions de son article 5, les activités susceptibles de générer des impacts directs ou indirects sur l'environnement sont classées en trois catégories.

- La catégorie A qui concerne les projets dont les impacts environnementaux potentiels sont significatifs et qui nécessitent la réalisation d'une étude d'impact environnemental et social (EIES).
- La catégorie B qui regroupe les projets soumis à une notice d'impact environnemental et social (NIES), leurs effets étant considérés comme modérés.
- Enfin, la catégorie C qui comprend les projets exemptés d'étude et de notice d'impact, leurs incidences sur l'environnement étant jugées négligeables.

Notre projet portant sur la conception d'un périmètre irrigué de 3 hectares, dédié à la production de piment sous micro-aspersion photovoltaïque dans le village de Moami, est classé dans la catégorie B

Il est donc soumis à la réalisation d'une notice d'impact environnemental et social (NIES).

Le Tableau XIX résume tous les impacts (positifs ou négatifs) du projet avec leur mesures d'atténuations et les autres étapes sont consignées dans un tableau en annexe.

Tableau XVIII:Impacts et mesures d'atténuations

Impacts identifiés	Mesures d'atténuation	Phase de Projet
Risques d'accidents lors du débroussaillage, dessouchage	Sensibiliser les ouvriers, les doter d'équipement de protection et de trousses de soins	Pendant les travaux
Nuisances diverses	Gestion efficace des déchets solides et liquides, arrêt des travaux de nuit sauf dérogation	Avant et pendant les travaux
Détérioration de la qualité de l'air	Arrosage périodique du périmètre à aménagé	Pendant les travaux
Destruction de la végétation	Sensibiliser le personnel sur le respect de l'environnement, reboisement en guise de compensation	Pendant et après les travaux.

IV.8 Recommandations pour la gestion du périmètre irrigué

Pour la gestion du périmètre irrigué, le personnel se limite à un exploitant chargé de la supervision globale et à un ouvrier chargé d'assister dans les différentes tâches opérationnelles. Le tableau suivant présente les recommandations pour l'exploitation et la maintenance du site, en précisant les actions à réaliser, les responsables et la fréquence d'exécution.

Tableau XIX:Recommandations pour la gestion du périmètre irrigué

Recommandation	Action	Responsable	Fréquence	Objectif
Organisation de l'exploitation	Planification des tâches, supervision de l'irrigation et des cultures	Exploitant	Par campagne	Assurer une gestion efficace et coordonnée
Assistance opérationnelle	Exécution des tâches courantes (arrosage, entretien léger, surveillance)	Ouvrier	Hebdomadaire / quotidien	Soutenir l'exploitant et garantir le bon fonctionnement du site
Entretien et maintenance des équipements	Nettoyage des filtres, vérification des raccords et conduites, surveillance des pompes et asperseurs	Exploitant / Ouvrier	Hebdomadaire / mensuel	Prévenir les pannes et prolonger la durée de vie des équipements
Planification de l'irrigation	Suivi du calendrier d'irrigation et ajustement selon les besoins des cultures	Exploitant	Par campagne / quotidien	Optimiser l'utilisation de l'eau et réduire les pertes
Suivi de la production	Observation de l'état des cultures, suivi du rendement	Exploitant / Ouvrier	Hebdomadaire	Identifier rapidement les problèmes et ajuster la gestion
Durabilité environnementale	Respect des pratiques de conservation des sols et protection de l'environnement	Exploitant / Ouvrier	Continue	Assurer une production durable et respectueuse de l'environnement

Conclusion

La présente étude menée sur le site de Moami, dans la commune de Bobo-Dioulasso, a permis d'apporter une réponse technique et méthodologique aux enjeux liés à la mise en valeur durable du périmètre étudié, à travers la conception d'un système d'irrigation adapté aux contraintes locales.

En adoptant une approche d'ingénierie intégrée, cette étude a permis de vérifier la pertinence du site, de proposer une conception technique complète incluant le pompage, l'irrigation et l'alimentation par énergie solaire, et d'analyser la faisabilité économique et environnementale du projet

De l'étude, que nous venons de présenter dans les détails, il ressort que pour l'aménagement du site de 3 ha le montant prévu est de 46.244.375 CFA. L'analyse financière révèle un retour sur investissement à partir de la sixième année.

Sur le plan environnemental, l'étude recommande la mise en œuvre d'actions de reboisement afin de compenser les impacts négatifs des travaux de réhabilitation.

Au-delà de la conception technique, ce travail nous a offert l'opportunité de mettre en pratique nos connaissances en ingénierie rurale et en gestion de projets, notamment dans la constitution d'un dossier technique complet. Toutefois, cette phase ne représente que la première étape, la réalisation concrète du périmètre irrigué constituera la suite logique et essentielle pour transformer cette étude en un projet opérationnel, reproductible pour d'autres initiatives privées similaires, susceptibles de renforcer la résilience du secteur agricole et de soutenir l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire au Burkina Faso.

Bibliographie

1. Keïta, 2021. s. d. « Cours irrigation par aspersion ».

2. « 1650452131_phytotop_pratique_agricole02.pdf ». s. d. Consulté le 23 décembre 2025. https://www.phytotop.net/images/nos-produits-pratiques-agricoles/1650452131_phytotop_pratique_agricole02.pdf.

3. Ali Ahani [aut, cre] <a_ahani@sbu.ac.ir> (<https://orcid.org/0000-0002-1441-0444>), S. Saeid Mousavi Nadoushani [aut] <sa_mousavi@sbu.ac.ir> (<https://orcid.org/0000-0001-6679-5553>). 2021. « FAO56: Evapotranspiration Based on FAO Penman-Monteith Equation ». novembre 17. https://doi.org/10.32614/CRAN.package.FAO56.

4. Artigue, Michèle. 1989. « Ingénierie didactique ». Publications de l'Institut de recherche mathématiques de Rennes, no S6: 124-28. http://www.numdam.org/article/PSMIR_1989___S6_124_0.pdf.

5. « Bulletin d'information de la FAO sur l'agroécologie - Février 2022 ». s. d. Consulté le 29 novembre 2025. https://newsletters.fao.org/q/16vsE82PgLn/wv.

6. « Chapitre I Généralités sur la culture de piment ». s. d. Consulté le 23 décembre 2025. http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/13388/1/ouamane_sofiane.pdf.

7. « Estimation spatialisée de l'Evapotranspiration des cultures irriguées par télédétection. Application à la gestion de l'Irrigation dans la plaine du Haouz (Marrakech, Maroc). » s. d. Consulté le 29 novembre 2025. https://123dok.net/document/q2n3m4p6-estimation-spatialis%C3%A9e-evapotranspiration-irrigu%C3%A9es-t%C3%A9l%C3%A9d%C3%A9tection-application-irrigation-marrakech.html.

8. « HYRT-Micro Arroseur-Arroseur de taille moyenne-Pesticide ». s. d. Consulté le 4 décembre 2025. https://www.hyrtdrip.com/.

9. Le Boterf, Guy. 2010. *Ingénierie et évaluation des compétences*. Editions Eyrolles.

10. « MANUEL DES TECHNIQUES D'IRRIGATION SOUS PRESSION ». s. d. Consulté le 2 décembre 2025. https://www.fao.org/4/a1336f/a1336f00.htm.

11. « MONOGRAPHIE DE LA COMMUNE DE BOBO-DIOULASSO.pdf ». s. d. Consulté le 24 novembre 2025. https://www.insd.bf/sites/default/files/2023-02/MONOGRAPHIE%20DE%20LA%20COMMUNE%20DE%20BOBO-DIOULASSO.pdf.

12. Revue UFA. s. d. « Comparaison de systèmes d'irrigation ». Consulté le 2 décembre 2025. https://www.ufarevue.ch/fre/production-vegetale/comparaison-de-systemes-d-irrigation.

13. Toro Australia. s. d. « Golf - All-Electric & Hybrid Solutions ». Consulté le 2 décembre 2025. https://www.toro.com.au/range/golf/.

14. Yumpu.com. s. d. « Plan de Développement Communal (PDC) - Commune de Bobo ... » yumpu.com. Consulté le 24 novembre 2025. https://www.yumpu.com/fr/document/read/16881943/plan-de-developpement-communal-pdc-commune-de-bobo-.

15. Environnement Bruxelles. (n.d.). Essai à double anneau pour la détermination de la conductivité hydraulique du sol. (5 p). https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/O015_-Fiche_n5-_Essai_Double-anneau_FR.pdf

16. Phocaides, A. (2008). Manuel des techniques d'irrigation sous pression (303 p.).

17. Programme Solidarité Eau. (2015). Le pompage solaire : Options techniques et retours d'expériences. Des repères pour l'action (48 p.)

18. « L'agriculture africaine, "vecteur de croissance" | AfriqueRenouveau ». s. d. Consulté le 18 décembre 2025. https://www.un.org/africarenewal/fr/magazine/janvier-2004/lagriculture-africaine-vecteur-de-croissance.

ANNEXE

Annexe 1: Etude topographique II
Annexe 2: Mesure d'infiltration par la méthode de double anneau IV
Annexe 3: Valeurs à utiliser de la RU définies par certains auteurs XI
Annexe 4:Détermination du débit du système XI
Annexe 5:Catalogue du micro-asperseur XII
Annexe 6:Note de calcul du dimensionnement des conduites XIII
Annexe 7:Calcul de la HMT et choix de la pompe XIII
Annexe 8:Note de calcul du dimensionnement de la source d'énergie XIV
Annexe 9:Devis estimatif et quantitatif XVI
Annexe 10: : Plan de Gestion Environnemental et social (PGES) XVIII
Annexe 11:Mesures d'atténuation des impacts négatifs et de renforcement des impacts pSositifs XXI
Annexe 12: Résultats d'analyse physique et bactériologique XXIII
Annexe 13: Résultats des essais de pompages XXIV

Annexe 1: Etude topographique

- **Coordonnées des points utilisées pour les courbes de niveau**

N°	Latitude	Longitude	Altitude (m)	P101	11.130743691	-4.490231728	403.6
P1	11.129775660	-4.492452866	397.2	P102	11.130743044	-4.490213441	403.5
P2	11.129981484	-4.488527853	406.0	P103	11.130762305	-4.490194510	403.5
P3	11.131489722	-4.488571776	404.7	P104	11.130784623	-4.490223493	403.7
P4	11.131361780	-4.491065595	403.3	P105	11.131360366	-4.490216248	404.8
P5	11.129793577	-4.492532935	397.3	P106	11.131201170	-4.490480223	405.7
P6	11.129761358	-4.492492783	397.1	P107	11.131110154	-4.490540196	405.9
P7	11.129814541	-4.492157254	397.6	P108	11.130658473	-4.490678789	404.0
P8	11.129830476	-4.492146981	397.7	P109	11.130480284	-4.490744597	403.5
P9	11.129860834	-4.492134463	397.8	P110	11.130402523	-4.490750384	403.3
P10	11.129875737	-4.492109908	398.0	P111	11.130366490	-4.490767844	403.2
P11	11.128102606	-4.491383975	400.8	P112	11.130378038	-4.490694912	403.2
P12	11.130447264	-4.490655344	403.2	P113	11.130532056	-4.490452909	403.0
P13	11.130436138	-4.490662692	403.2	P114	11.130915478	-4.490168570	403.8
P14	11.130441298	-4.490672266	403.2	P115	11.131063546	-4.490115073	403.8
P15	11.130688739	-4.490586731	404.0	P116	11.131299717	-4.490106234	404.2
P16	11.130682787	-4.490558182	403.9	P117	11.130745639	-4.490286860	403.7
P17	11.130677436	-4.490548759	403.9	P118	11.130732978	-4.490282636	403.6
P18	11.130674668	-4.490498993	403.8	P119	11.130819534	-4.490187957	403.6
P19	11.130656036	-4.490421814	403.5	P120	11.130915630	-4.490118333	403.6
P20	11.130651752	-4.490317382	403.4	P121	11.130988771	-4.490045149	403.3
P21	11.130458285	-4.489889561	403.7	P122	11.131016129	-4.490014662	403.1
P22	11.130462893	-4.489880704	403.8	P123	11.130971383	-4.490000782	403.0
P23	11.130935989	-4.489968701	403.0	P124	11.130940461	-4.490008826	403.0
P24	11.130926951	-4.489962401	403.0	P125	11.130871512	-4.490029662	403.1
P25	11.130912538	-4.489947444	402.9	P126	11.130658836	-4.490096515	403.1
P26	11.130873034	-4.489924814	403.0	P127	11.130448020	-4.490144812	403.2
P27	11.130839275	-4.489886663	403.0	P128	11.130373619	-4.490169880	403.3
P28	11.130850048	-4.489879555	403.0	P129	11.130244553	-4.490183443	403.3
P29	11.130869873	-4.489854448	402.9	P130	11.130242103	-4.490143609	403.4
P30	11.130887128	-4.489801120	402.9	P131	11.130266919	-4.490109538	403.6
P31	11.130872957	-4.489786608	402.9	P132	11.130418478	-4.490015409	403.5
P32	11.130836689	-4.489768966	403.0	P133	11.130494487	-4.489977050	403.3
P33	11.130803226	-4.489755598	403.1	P134	11.130543877	-4.489926757	403.3
P34	11.130778932	-4.489724626	403.2	P135	11.130632184	-4.489850819	403.4
P35	11.130792416	-4.489698176	403.1	P136	11.130591674	-4.489865805	403.4
P36	11.130804924	-4.489678243	403.1	P137	11.130543097	-4.489891998	403.4
P37	11.130813173	-4.489643685	403.1	P138	11.130547690	-4.489883104	403.4
P38	11.130805665	-4.489608075	403.1	P139	11.130650910	-4.489791573	403.5

P39	11.130774878	-4.489559373	403.2	P140	11.130784499	-4.489773853	403.1
P40	11.130727318	-4.489499744	403.4	P141	11.130789695	-4.489782232	403.1
P41	11.130632447	-4.489450190	403.7	P142	11.130804378	-4.489814017	403.1
P42	11.130590723	-4.489422295	403.8	P143	11.130800295	-4.489864394	403.1
P43	11.130521564	-4.489396518	403.8	P144	11.130736935	-4.490075507	403.2
P44	11.130465598	-4.489367962	403.7	P145	11.130635061	-4.490210268	403.2
P45	11.130456133	-4.489352529	403.7	P146	11.130524240	-4.490314270	403.0
P46	11.130447706	-4.489331003	403.6	P147	11.130428194	-4.490365244	403.0
P47	11.130456573	-4.489314396	403.5	P148	11.130393667	-4.490338717	403.0
P48	11.130501743	-4.489279348	403.4	P149	11.130381046	-4.490298061	403.0
P49	11.130555942	-4.489243442	403.3	P150	11.130387856	-4.490257040	403.0
P50	11.130562264	-4.489223031	403.2	P151	11.130442780	-4.490118252	403.2
P51	11.130541570	-4.489220634	403.2	P152	11.130549016	-4.489994417	403.0
P52	11.130507390	-4.489227134	403.2	P153	11.130794524	-4.489904164	403.0
P53	11.130435507	-4.489226304	403.2	P154	11.130975044	-4.490023132	403.1
P54	11.130385557	-4.489221977	403.2	P155	11.131024726	-4.490102817	403.6
P55	11.130409070	-4.489206495	403.1	P156	11.131026828	-4.490164624	404.0
P56	11.130456102	-4.489175526	403.0	P157	11.130935296	-4.490372301	404.7
P57	11.130574865	-4.489182353	403.1	P158	11.130769175	-4.490520703	404.4
P58	11.130612950	-4.489189306	403.1	P159	11.130673713	-4.490551212	403.8
P59	11.130597985	-4.489188482	403.1	P160	11.130595683	-4.490557496	403.3
P60	11.130559964	-4.489181537	403.1	P161	11.130390329	-4.490261484	403.0
P61	11.130531216	-4.489173910	403.0	P162	11.130548859	-4.489777594	403.8
P62	11.130520336	-4.489149157	403.0	P163	11.130751923	-4.489649331	403.3
P63	11.130610373	-4.489036331	402.9	P164	11.130879175	-4.489629235	402.8
P64	11.130717234	-4.488907475	402.5	P165	11.131193298	-4.489665131	402.3
P65	11.130839634	-4.488789551	402.4	P166	11.131210079	-4.489690327	402.4
P66	11.130876158	-4.488744486	402.6	P167	11.131223340	-4.489772954	402.6
P67	11.130862132	-4.488738281	402.6	P168	11.131202746	-4.489916493	403.0
P68	11.130827576	-4.488730303	402.6	P169	11.131163999	-4.489985838	403.1
P69	11.130825131	-4.488726783	402.6	P170	11.131091714	-4.490052351	403.4
P70	11.130830023	-4.488733826	402.6	P171	11.130920951	-4.490177547	403.8
P71	11.130833217	-4.488752344	402.5	P172	11.130687096	-4.490213052	403.4
P72	11.130849500	-4.488803820	402.3	P173	11.130478765	-4.490172808	403.1
P73	11.130900940	-4.489013881	402.5	P174	11.130332512	-4.490131339	403.4
P74	11.130892301	-4.489250507	402.8	P175	11.130185530	-4.490040569	403.6
P75	11.130752861	-4.489706775	403.3	P176	11.130125665	-4.489879684	403.9
P76	11.130426197	-4.490397538	403.0	P177	11.130097564	-4.489786016	404.1
P77	11.130350155	-4.490503764	403.0	P178	11.130136595	-4.489754570	404.4
P78	11.130230756	-4.490651595	403.2	P179	11.130229577	-4.489709836	404.8
P79	11.130179379	-4.490704872	403.4	P180	11.130385677	-4.489674250	404.5
P80	11.130132813	-4.490748693	403.5	P181	11.130841573	-4.489712628	403.0

P81	11.130118109	-4.490758491	403.6	P182	11.130883002	-4.489738403	402.8
P82	11.130076807	-4.490734965	403.7	P183	11.130898884	-4.489763546	402.8
P83	11.130002800	-4.490645829	404.0	P184	11.130901442	-4.489791675	402.8
P84	11.129951217	-4.490581615	404.0	P185	11.130889551	-4.489853491	402.9
P85	11.129799327	-4.490306926	402.5	P186	11.130753053	-4.490077114	403.2
P86	11.129782101	-4.490226002	402.4	P187	11.130654766	-4.490166487	403.2
P87	11.129782346	-4.490061601	402.8	P188	11.130347533	-4.490344620	403.0
P88	11.129857823	-4.489894774	403.4	P189	11.130143132	-4.490345977	403.1
P89	11.130021030	-4.489714964	404.1	P190	11.130138412	-4.490337073	403.1
P90	11.130132799	-4.489580992	404.2	P191	11.130148101	-4.490300720	403.0
P91	11.130293312	-4.489557369	404.4	P192	11.130188639	-4.490267993	403.0
P92	11.130526511	-4.489570416	404.0	P193	11.130291428	-4.490260170	403.1
P93	11.130654311	-4.489627529	403.6	P194	11.130426296	-4.490317194	403.0
P94	11.130760574	-4.489719193	403.3	P195	11.130512581	-4.490409164	403.0
P95	11.130800810	-4.489816371	403.1	P196	11.130524325	-4.490439098	403.0
P96	11.130807206	-4.489883790	403.0	P197	11.130479669	-4.490576313	403.1
P97	11.130817059	-4.490065581	403.2	P198	11.130389410	-4.490706845	403.2
P98	11.130807357	-4.490133732	403.4	P199	11.130349801	-4.490726732	403.2
P99	11.130792226	-4.490193475	403.6	P200	11.130225972	-4.490699434	403.2
P100	11.130751663	-4.490245230	403.6				

Annexe 2: Mesure d'infiltration par la méthode de double anneau

- **Les mesures des hauteurs d'eau en fonction du temps**

Hcumulé								
Séries	**Temps (min)**	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**
I	10	0	0	0	0	0	0	0
	10	4,5	3,3	7,5	9	3,6	4,3	6,5
	10	7	4,8	13,2	16	5,2	6,4	11,1
II	20	9	6	21	23,5	6,5	8,4	15,9
	20	12,3	8,5	28	30,2	9,2	12,2	22,6
	20	17,1	10,3	34,5	37	11,1	15,8	28,6
III	30	21,9	12,1	41	44,8	13	19,2	34,6
	30	27,5	15,1	48	53	16,2	24,8	43,6
	30	33,5	18,4	55	62	19,6	30,4	52,1
IV	40	39,5	22,2	63	70	23,6	36	59,1
	40	45,5	27,7	70,8	76,5	29,3	43,4	68,7
	40	53,2	33,3	77	83	35	50,8	78,2
V	50	61,2	38,8	85	91	40,7	58,2	87,7
	50	70,9	45,9	92,7	97,2	47,8	67,4	99,5
	50	80,5	52,9	100	105	54,9	76,6	111,3

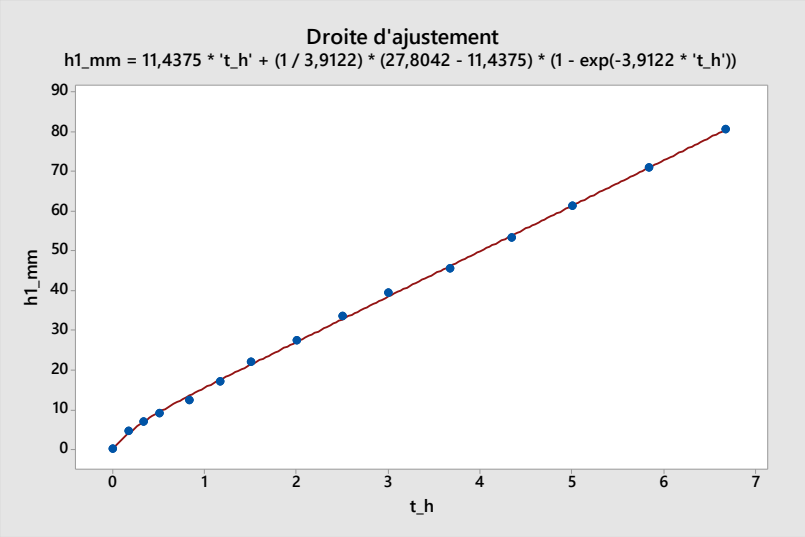
P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
0	0	0	0	0	0	0	0
4	8	5	6	7,2	6	8	5,5
8,7	12,5	7	8	12	10,6	13,2	8,3
12,7	16,8	8	14,8	17	15	15,5	10,5
17	21	13	16,6	22	18	18,2	15
22,4	28	17,6	22	28,8	24	23	18
28	33	22	27,2	34	29	29	23
35	45,4	26	35	40	35	35	26
42	53	32,4	47	45,3	43	41	29,8
49,5	58	39	56,5	52	50	47,5	34
56	68	45,8	63	58,9	56	53	38,1
63	77,6	54	68,9	65	62	61	40,8
70	87	61,4	75	71	68	68	43,2
78	100	70	87	76	74	77,2	46,8
86,5		81	96	81	83	86,8	49

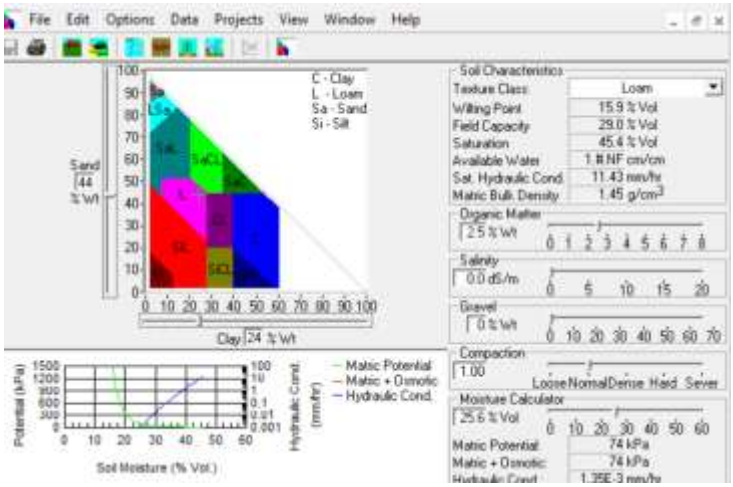
- Coordonnées géographiques des différents points de mesures

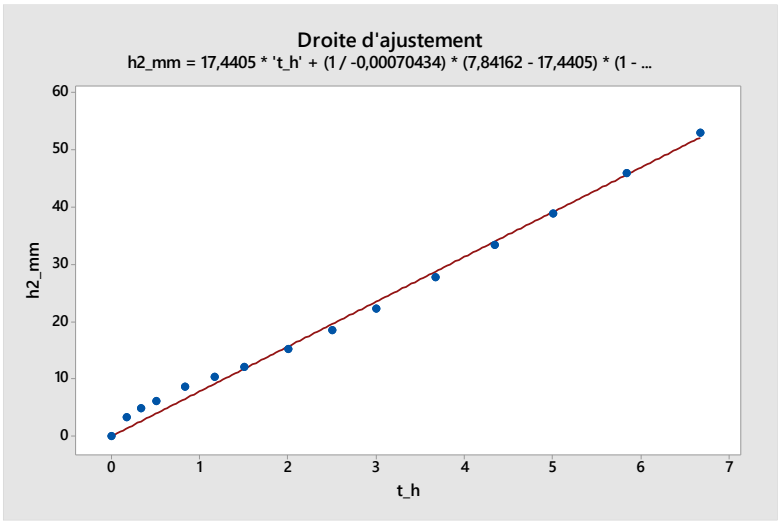
Points	Latitude	Longitude	Altitudes
M1	11° 7'47.90"N	4°29'21.56"O	406
M2	11° 7'49.20"N	4°29'21.90"O	406
M3	11° 7'49.90"N	4°29'21.59"O	405
M4	11° 7'51.23"N	4°29'21.27"O	406
M5	11° 7'53.00"N	4°29'20.89"O	406
M6	11° 7'52.67"N	4°29'19.94"O	406
M7	11° 7'51.19"N	4°29'20.19"O	406
M8	11° 7'49.98"N	4°29'20.37"O	406
M9	11° 7'48.96"N	4°29'20.52"O	406
M10	11° 7'47.84"N	4°29'20.85"O	407
M11	11° 7'47.54"N	4°29'19.95"O	407
M12	11° 7'49.00"N	4°29'19.20"O	407

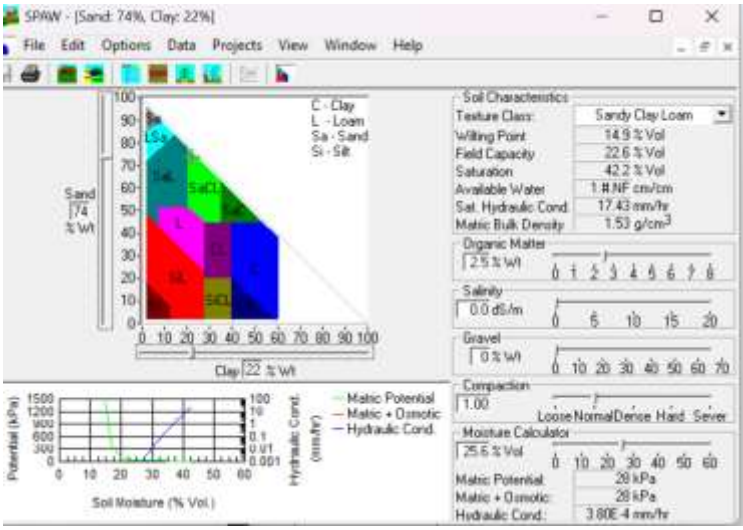
M13	11° 7'49.82"N	4°29'19.22"O	406
M14	11° 7'50.99"N	4°29'19.07"O	406
M15	11° 7'52.12"N	4°29'18.97"O	406

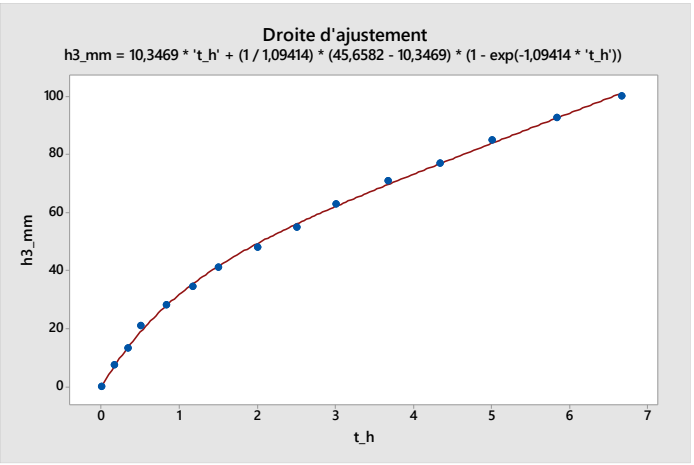
- **Courbes de régressions non linéaire et texture *obtenues à partir du logiciel SPAW***

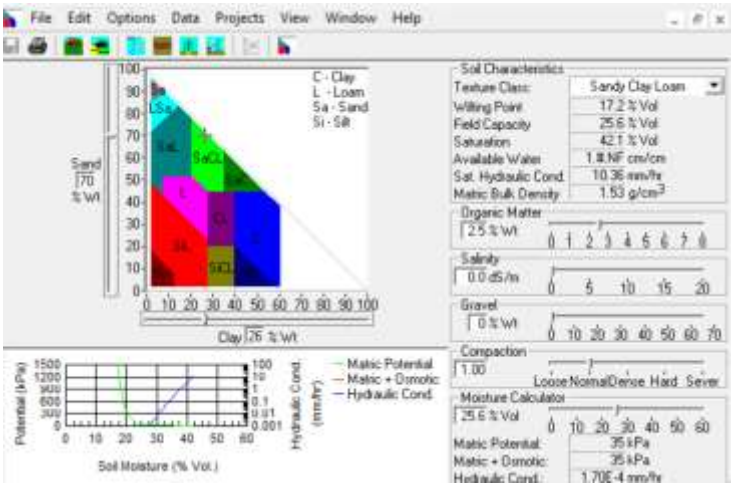


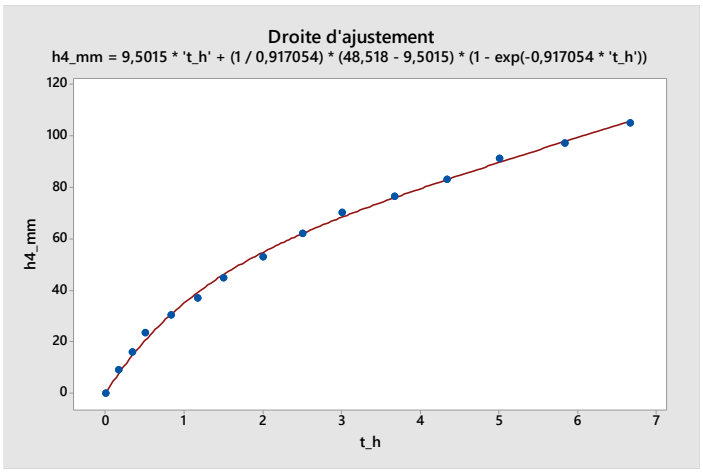


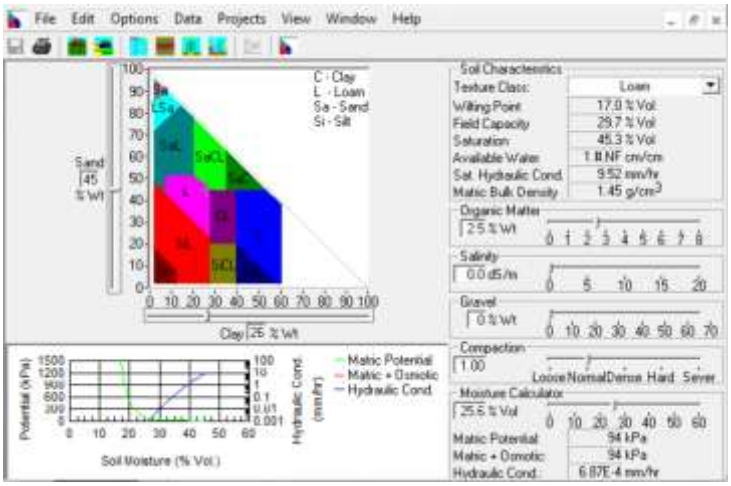


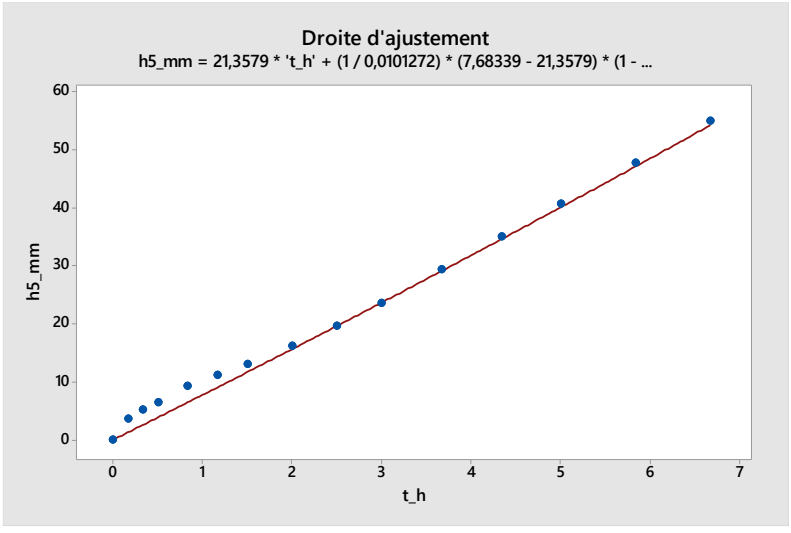


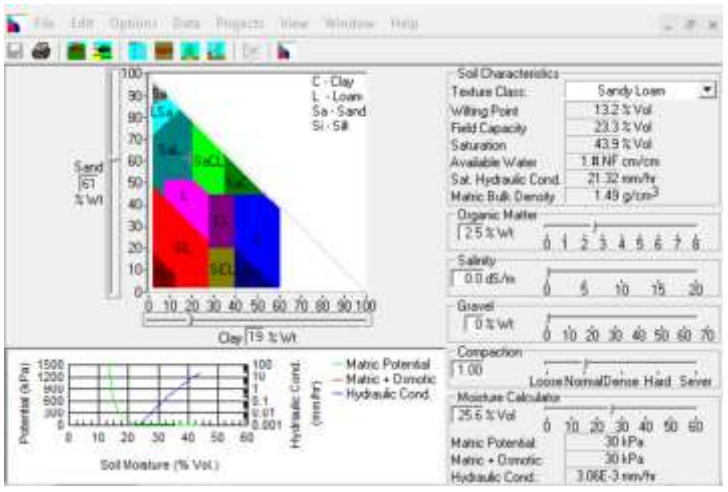

Droite d'ajustement
h3_mm = 10,3469 * 't_h' + (1 / 1,09414) * (45,6582 - 10,3469) * (1 - exp(-1,09414 * 't_h'))
h3_mm
t_h

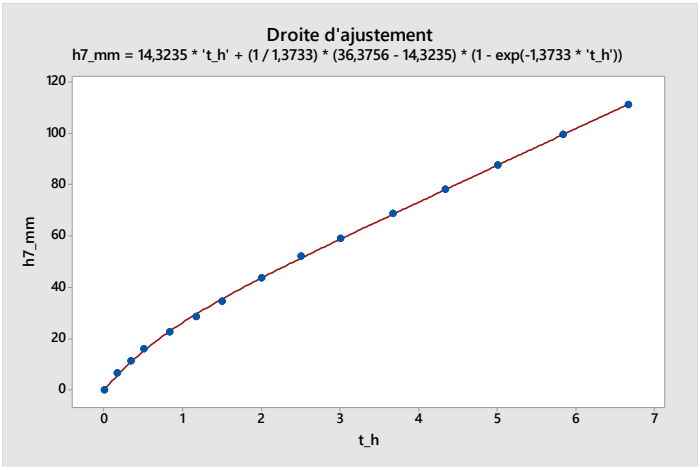

File Edit Options Data Projects View Window Help
Soil Characteristics
Texture Class: Sandy Clay Loam
Wilting Point 17.2 % Vol
Field Capacity 25.6 % Vol
Saturation 42.1 % Vol
Available Water 1.8 NF cm/cm
Sat. Hydraulic Cond. 10.36 mm/hr
Matric Bulk Density 1.53 g/cm3
Organic Matter 2.5 % Wt
Salinity 0.0 dS/m
Gravel 0 % Wt
Compaction 1.00
Loose Normal Dense Hard Server
Moisture Calculator 25.6 % Vol
Matric Potential 35 kPa
Matric + Osmotic 35 kPa
Hydraulic Cond. 1.70E-4 mm/hr
Sand 70 % Wt
Clay 26 % Wt
Soil Moisture (% Vol.)
Matric Potential
Matric + Osmotic
Hydraulic Cond.

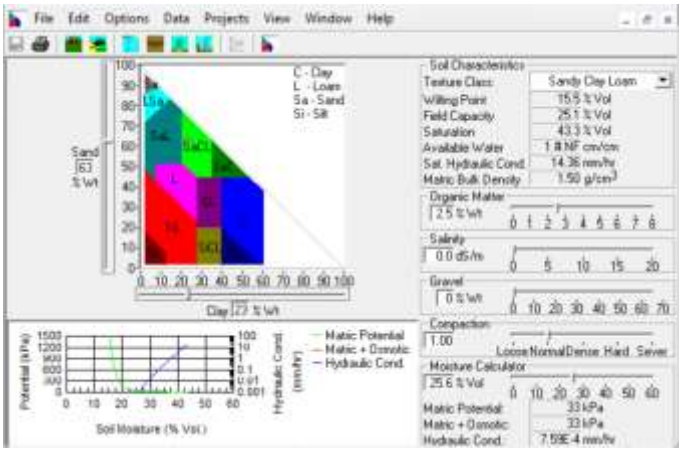

Droite d'ajustement
h4_mm = 9,5015 * 't_h' + (1 / 0,917054) * (48,518 - 9,5015) * (1 - exp(-0,917054 * 't_h'))
h4_mm
t_h

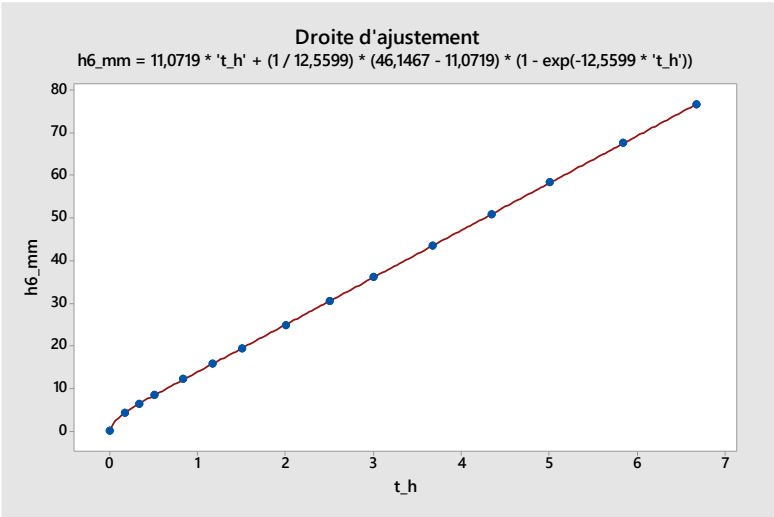

File Edit Options Data Projects View Window Help
Soil Characteristics
Texture Class: Loam
Wilting Point 17.0 % Vol
Field Capacity 29.7 % Vol
Saturation 45.3 % Vol
Available Water 1.8 NF cm/cm
Sat. Hydraulic Cond. 9.52 mm/hr
Matric Bulk Density 1.45 g/cm3
Organic Matter 2.5 % Wt
Salinity 0.0 dS/m
Gravel 0 % Wt
Compaction 1.00
Loose Normal Dense Hard Server
Moisture Calculator 25.6 % Vol
Matric Potential 94 kPa
Matric + Osmotic 94 kPa
Hydraulic Cond. 6.87E-4 mm/hr
Sand 45 % Wt
Clay 25 % Wt
Soil Moisture (% Vol.)
Matric Potential
Matric + Osmotic
Hydraulic Cond.

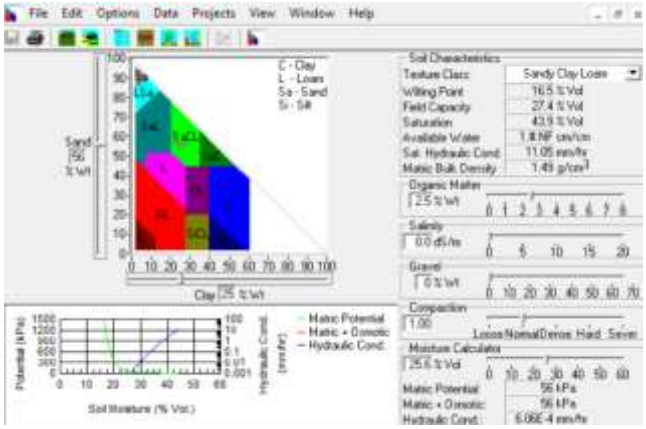

Droite d'ajustement
h5_mm = 21,3579 * 't_h' + (1 / 0,0101272) * (7,68339 - 21,3579) * (1 - ...
h5_mm
t_h

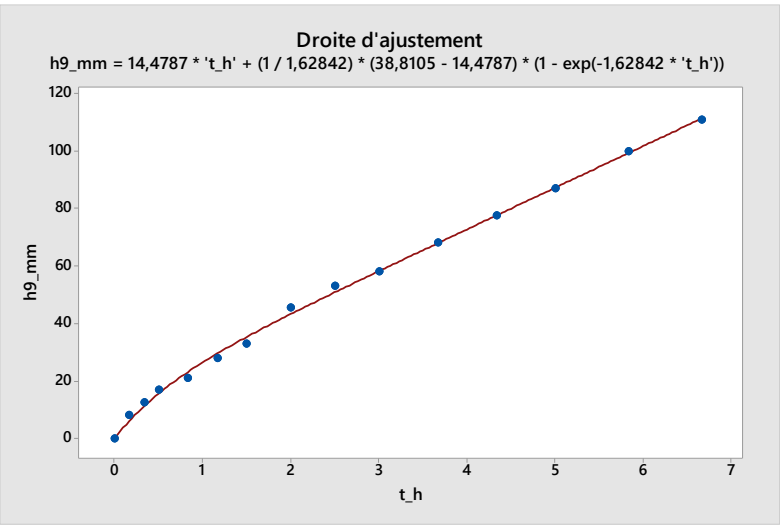

Soil Characteristics
Texture Class: Sandy Loam
Wilting Point 13.2 % Vol
Field Capacity 23.3 % Vol
Saturation 43.9 % Vol
Available Water 1.8 NF cm/cm
Sat. Hydraulic Cond. 21.32 mm/hr
Matric Bulk Density 1.49 g/cm3
Organic Matter 2.5 % Wt
Salinity 0.0 dS/m
Gravel 0 % Wt
Compaction 1.00
Loose Normal Dense Hard Server
Moisture Calculator 25.6 % Vol
Matric Potential 30 kPa
Matric + Osmotic 30 kPa
Hydraulic Cond. 3.06E-3 mm/hr
Sand 61 % Wt
Clay 19 % Wt
Soil Moisture (% Vol.)
Matric Potential
Matric + Osmotic
Hydraulic Cond.

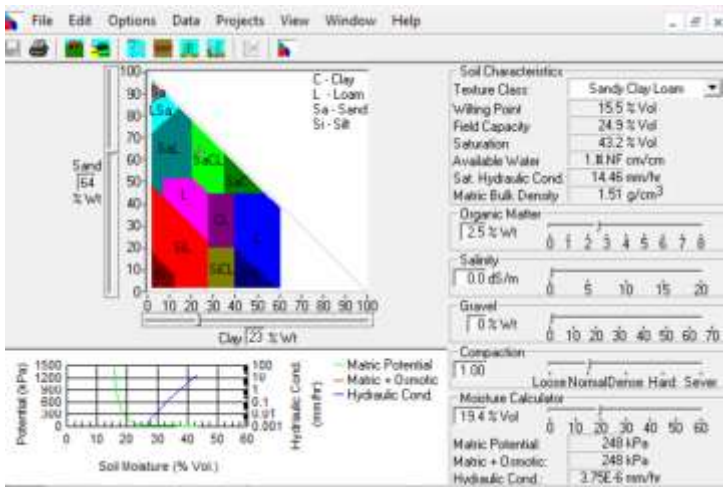

Droite d'ajustement
h7_mm = 14,3235 * 't_h' + (1 / 1,3733) * (36,3756 - 14,3235) * (1 - exp(-1,3733 * 't_h'))
h7_mm
t_h

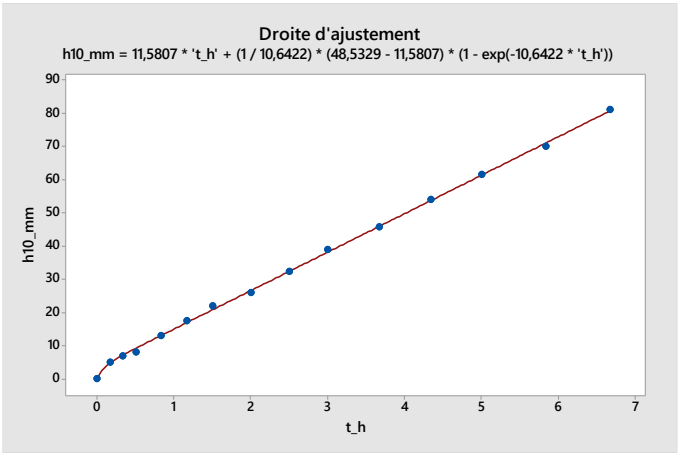

File Edit Options Data Projects View Window Help
Soil Characteristics
Texture Class: Sandy Clay Loam
Wilting Point 15.5 % Vol
Field Capacity 25.1 % Vol
Saturation 43.3 % Vol
Available Water 1.8 NF cm/cm
Sat. Hydraulic Cond 14.36 mm/hr
Matric Bulk Density 1.50 g/cm3
Organic Matter
Salinity
Gravel
Compaction
Moisture Calculator
Matric Potential 33 kPa
Matric + Osmotic 33 kPa
Hydraulic Cond 7.59E-4 mm/hr

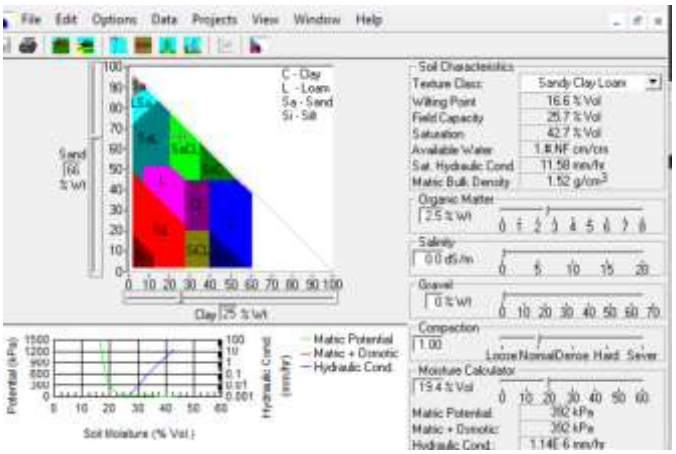

Droite d'ajustement
h6_mm = 11,0719 * 't_h' + (1 / 12,5599) * (46,1467 - 11,0719) * (1 - exp(-12,5599 * 't_h'))
h6_mm
t_h

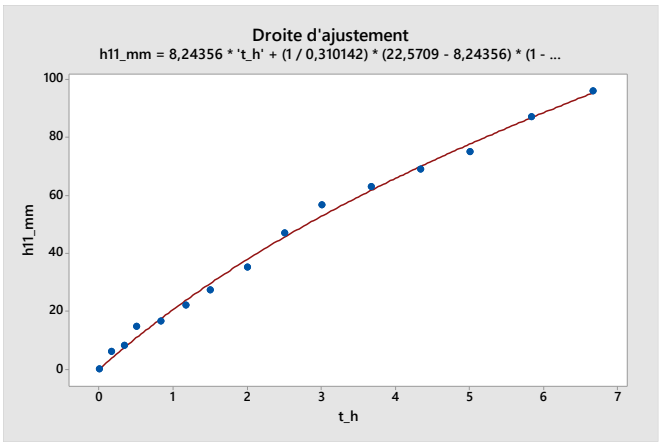

File Edit Options Data Projects View Window Help
Soil Characteristics
Texture Class: Sandy Clay Loam
Wilting Point 16.5 % Vol
Field Capacity 27.4 % Vol
Saturation 43.9 % Vol
Available Water 1.8 NF cm/cm
Sat. Hydraulic Cond 11.05 mm/hr
Matric Bulk Density 1.49 g/cm3
Organic Matter
Salinity
Gravel
Compaction
Moisture Calculator
Matric Potential 56 kPa
Matric + Osmotic 56 kPa
Hydraulic Cond 6.08E-4 mm/hr

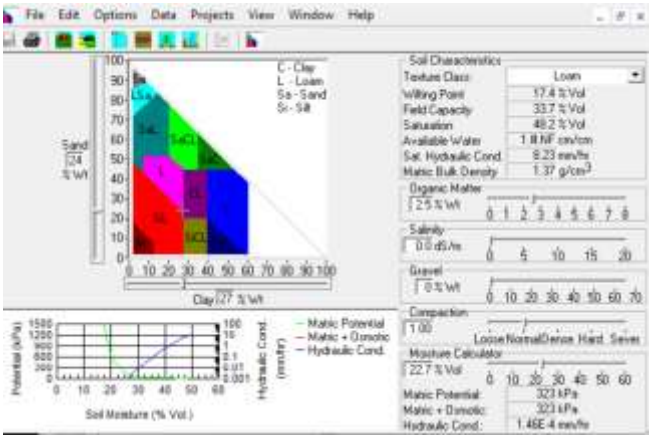

Droite d'ajustement
h9_mm = 14,4787 * 't_h' + (1 / 1,62842) * (38,8105 - 14,4787) * (1 - exp(-1,62842 * 't_h'))
h9_mm
t_h

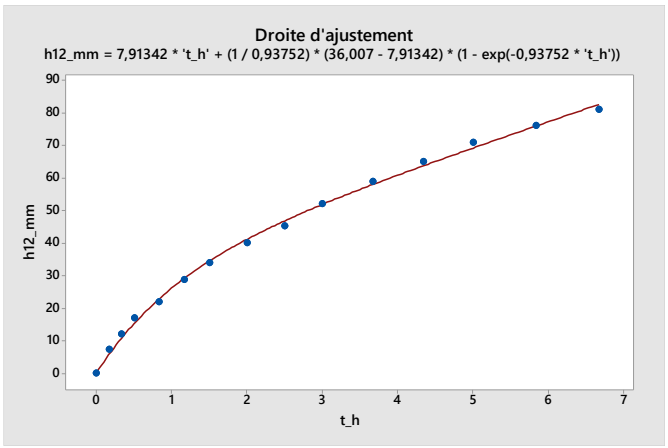

File Edit Options Data Projects View Window Help
Soil Characteristics
Texture Class: Sandy Clay Loam
Wilting Point 15.5 % Vol
Field Capacity 24.9 % Vol
Saturation 43.2 % Vol
Available Water 1.8 NF cm/cm
Sat. Hydraulic Cond 14.46 mm/hr
Matric Bulk Density 1.51 g/cm3
Organic Matter
Salinity
Gravel
Compaction
Moisture Calculator
Matric Potential 248 kPa
Matric + Osmotic 248 kPa
Hydraulic Cond 3.75E-6 mm/hr

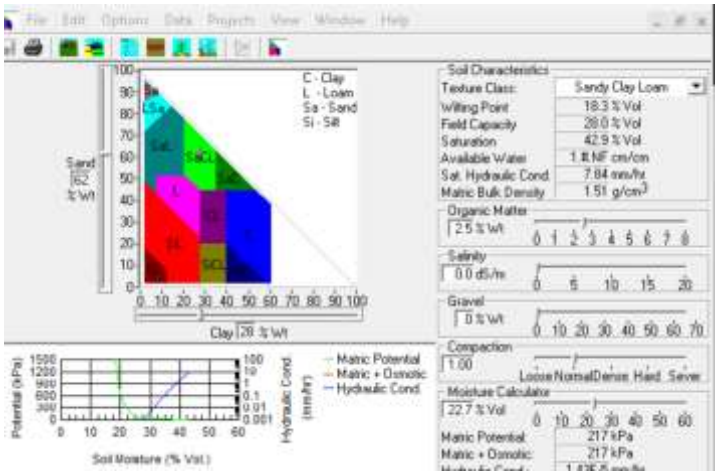

Droite d'ajustement
h10_mm = 11,5807 * 't_h' + (1 / 10,6422) * (48,5329 - 11,5807) * (1 - exp(-10,6422 * 't_h'))
h10_mm
t_h

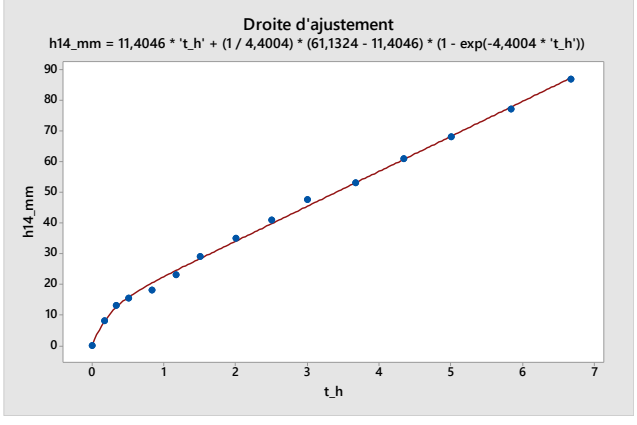

File Edit Options Data Projects View Window Help
Soil Characteristics
Texture Class: Sandy Clay Loam
Wilting Point 16.6 % Vol
Field Capacity 26.7 % Vol
Saturation 42.7 % Vol
Available Water 1.8 NF cm/cm
Sat. Hydraulic Cond. 11.58 mm/hr
Matric Bulk Density 1.52 g/cm3
Organic Matter 2.5 % Wt
Salinity 0.0 dS/m
Gravel 0 % Wt
Compaction 1.00
Loose Normal Dense Hard Sever
Moisture Calculator 19.4 % Vol
Matric Potential 392 kPa
Matric + Osmotic 392 kPa
Hydraulic Cond. 1.14E-6 mm/hr
Sand 66 % Wt
Clay 25 % Wt
Soil Moisture (% Vol.)
Matric Potential
Matric + Osmotic
Hydraulic Cond.

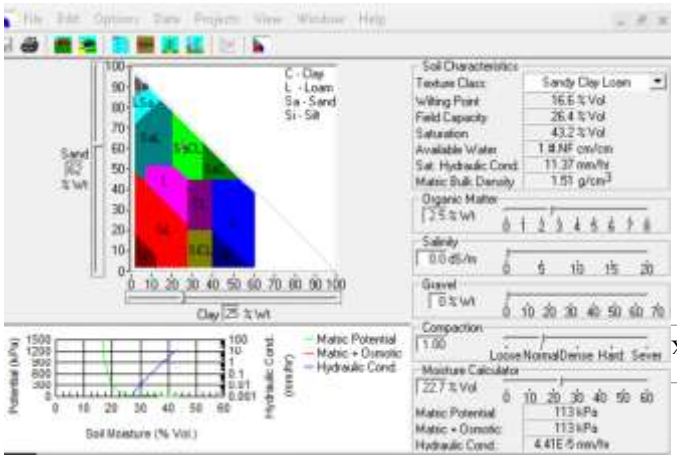

Droite d'ajustement
h11_mm = 8,24356 * 't_h' + (1 / 0,310142) * (22,5709 - 8,24356) * (1 - ...
h11_mm
t_h


File Edit Options Data Projects View Window Help
Soil Characteristics
Texture Class: Loam
Wilting Point 17.4 % Vol
Field Capacity 33.7 % Vol
Saturation 48.2 % Vol
Available Water 1.8 NF cm/cm
Sat. Hydraulic Cond. 8.23 mm/hr
Matric Bulk Density 1.37 g/cm3
Organic Matter 2.5 % Wt
Salinity 0.0 dS/m
Gravel 0 % Wt
Compaction 1.00
Loose Normal Dense Hard Sever
Moisture Calculator 22.7 % Vol
Matric Potential 323 kPa
Matric + Osmotic 323 kPa
Hydraulic Cond. 1.46E-4 mm/hr
Sand 24 % Wt
Clay 27 % Wt
Soil Moisture (% Vol.)
Matric Potential
Matric + Osmotic
Hydraulic Cond.

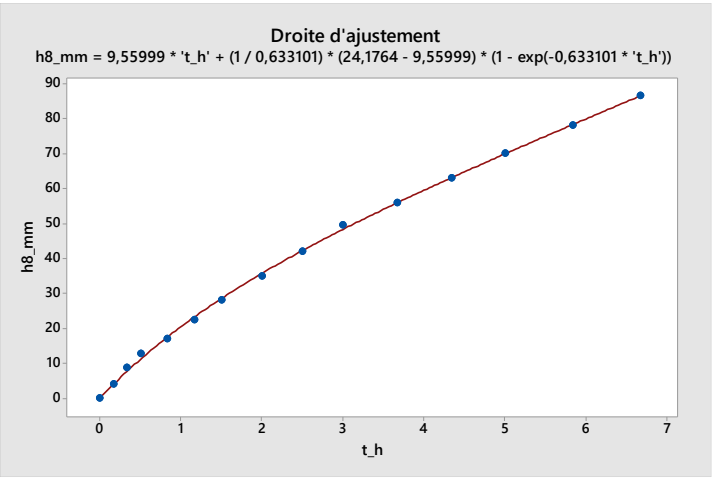

Droite d'ajustement
h12_mm = 7,91342 * 't_h' + (1 / 0,93752) * (36,007 - 7,91342) * (1 - exp(-0,93752 * 't_h'))
h12_mm
t_h

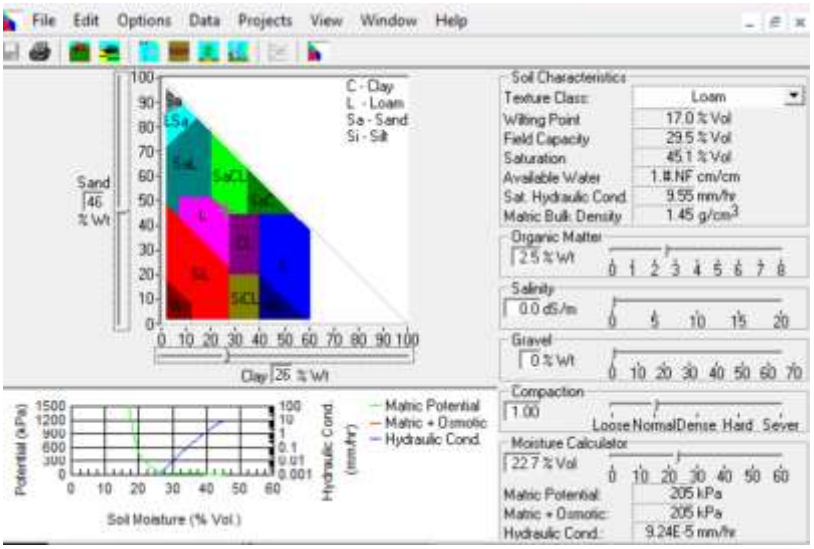

Soil Characteristics
Texture Class: Sandy Clay Loam
Wilting Point 18.3 % Vol
Field Capacity 28.0 % Vol
Saturation 42.9 % Vol
Available Water 1.8 NF cm/cm
Sat. Hydraulic Cond. 7.84 mm/hr
Matric Bulk Density 1.51 g/cm3
Organic Matter 2.5 % Wt
Salinity 0.0 dS/m
Gravel 0 % Wt
Compaction 1.00
Loose Normal Dense Hard Sever
Moisture Calculator 22.7 % Vol
Matric Potential 217 kPa
Matric + Osmotic 217 kPa
Sand 52 % Wt
Clay 28 % Wt
Soil Moisture (% Vol.)
Matric Potential
Matric + Osmotic
Hydraulic Cond.

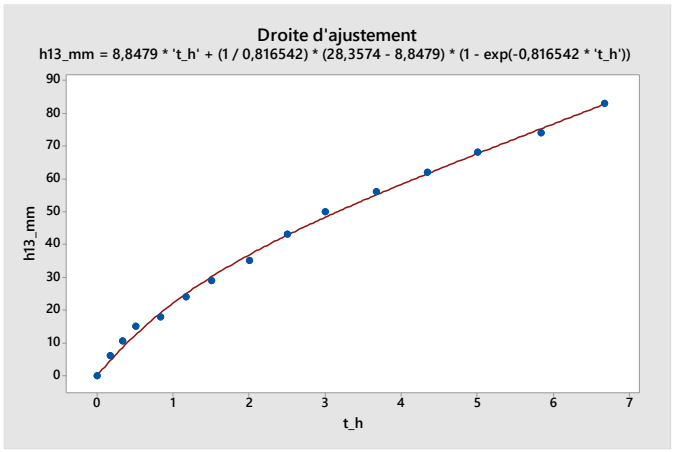

Droite d'ajustement
h14_mm = 11,4046 * 't_h' + (1 / 4,4004) * (61,1324 - 11,4046) * (1 - exp(-4,4004 * 't_h'))
h14_mm
t_h

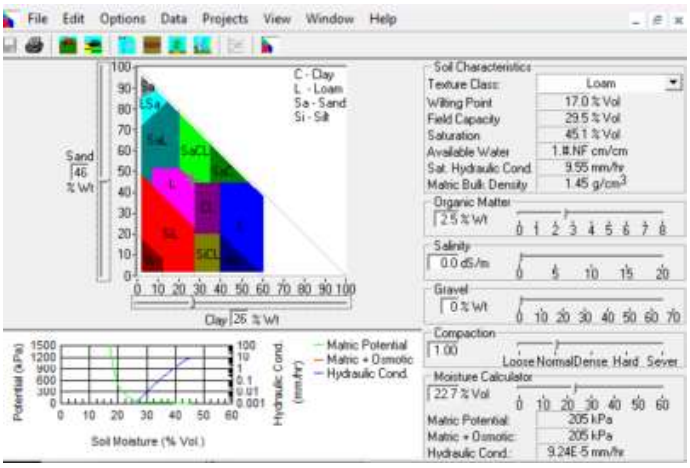

Soil Characteristics
Texture Class: Sandy Clay Loam
Wilting Point 16.6 % Vol
Field Capacity 26.4 % Vol
Saturation 43.2 % Vol
Available Water 1.8 NF cm/cm
Sat. Hydraulic Cond. 11.37 mm/hr
Matric Bulk Density 1.51 g/cm3
Organic Matter 2.5 % Wt
Salinity 0.0 dS/m
Gravel 0 % Wt
Compaction 1.00
Loose Normal Dense Hard Sever
Moisture Calculator 22.7 % Vol
Matric Potential 113 kPa
Matric + Osmotic 113 kPa
Hydraulic Cond. 4.41E-5 mm/hr
Sand 62 % Wt
Clay 25 % Wt
Soil Moisture (% Vol.)
Matric Potential
Matric + Osmotic
Hydraulic Cond.

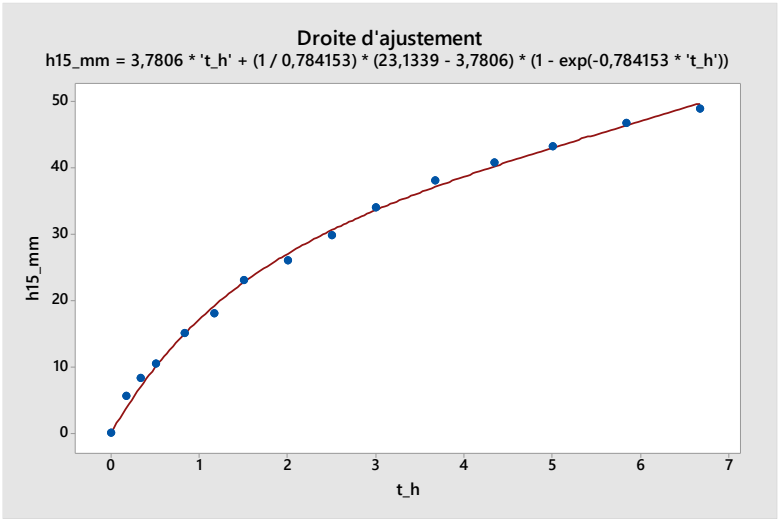
X

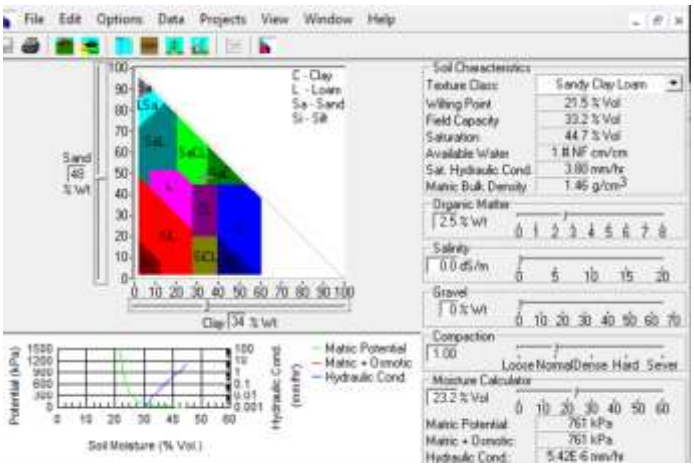

Droite d'ajustement
h8_mm = 9,55999 * 't_h' + (1 / 0,633101) * (24,1764 - 9,55999) * (1 - exp(-0,633101 * 't_h'))
h8_mm
t_h


File Edit Options Data Projects View Window Help
C - Clay
L - Loam
Sa - Sand
Si - Silt
Sand
46
% Wt
Clay 26 % Wt
Soil Characteristics
Texture Class: Loam
Wilting Point 17.0 % Vol
Field Capacity 29.5 % Vol
Saturation 45.1 % Vol
Available Water 1.#.NF cm/cm
Sat. Hydraulic Cond. 9.55 mm/hr
Matric Bulk Density 1.45 g/cm3
Organic Matter
2.5 % Wt
Salinity
0.0 dS/m
Gravel
0 % Wt
Compaction
1.00
Loose Normal Dense Hard Sever
Moisture Calculator
22.7 % Vol
Matric Potential: 205 kPa
Matric + Osmotic: 205 kPa
Hydraulic Cond: 9.24E-5 mm/hr
Potential (kPa)
Hydraulic Cond. (mm/hr)
Matric Potential
Matric + Osmotic
Hydraulic Cond.
Soil Moisture (% Vol.)


Droite d'ajustement
h13_mm = 8,8479 * 't_h' + (1 / 0,816542) * (28,3574 - 8,8479) * (1 - exp(-0,816542 * 't_h'))
h13_mm
t_h


File Edit Options Data Projects View Window Help
C - Clay
L - Loam
Sa - Sand
Si - Silt
Sand
46
% Wt
Clay 26 % Wt
Soil Characteristics
Texture Class: Loam
Wilting Point 17.0 % Vol
Field Capacity 29.5 % Vol
Saturation 45.1 % Vol
Available Water 1.#.NF cm/cm
Sat. Hydraulic Cond. 9.55 mm/hr
Matric Bulk Density 1.45 g/cm3
Organic Matter
2.5 % Wt
Salinity
0.0 dS/m
Gravel
0 % Wt
Compaction
1.00
Loose Normal Dense Hard Sever
Moisture Calculator
22.7 % Vol
Matric Potential: 205 kPa
Matric + Osmotic: 205 kPa
Hydraulic Cond: 9.24E-5 mm/hr
Potential (kPa)
Hydraulic Cond. (mm/hr)
Matric Potential
Matric + Osmotic
Hydraulic Cond.
Soil Moisture (% Vol.)


Droite d'ajustement
h15_mm = 3,7806 * 't_h' + (1 / 0,784153) * (23,1339 - 3,7806) * (1 - exp(-0,784153 * 't_h'))
h15_mm
t_h


File Edit Options Data Projects View Window Help
C - Clay
L - Loam
Sa - Sand
Si - Silt
Sand
46
% Wt
Clay 34 % Wt
Soil Characteristics
Texture Class: Sandy Clay Loam
Wilting Point 21.5 % Vol
Field Capacity 33.2 % Vol
Saturation 44.7 % Vol
Available Water 1.#.NF cm/cm
Sat. Hydraulic Cond. 3.80 mm/hr
Matric Bulk Density 1.46 g/cm3
Organic Matter
2.5 % Wt
Salinity
0.0 dS/m
Gravel
0 % Wt
Compaction
1.00
Loose Normal Dense Hard Sever
Moisture Calculator
23.2 % Vol
Matric Potential: 761 kPa
Matric + Osmotic: 761 kPa
Hydraulic Cond: 5.42E-6 mm/hr
Potential (kPa)
Hydraulic Cond. (mm/hr)
Matric Potential
Matric + Osmotic
Hydraulic Cond.
Soil Moisture (% Vol.)

Annexe 3: Valeurs à utiliser de la RU définies par certains auteurs

Selon Israelson et Hansen (1967)		Selon Withers et Vipond (1974)	
Type de sol	RU (mm/m)	Type de sol	RU (mm/m)
Sableux	70-100	Sableux	55
Sablo-limoneux	90-150	Sable fin	80
Limoneux	140-190	Sablo-limoneux	120
Argilo-limoneux	170-220	Argilo-limoneux	150
Limono-argileux	180-230	Argileux	235
Argileux	200-250		

Annexe 4:Détermination du débit du système

Dimensionnement de la parcelle	**Valeurs**
Superficie nette (ha)	2,7
Nombre de parcelle	6
Longueur périmètre (m)	240
Largeur périmètre (m)	225
Dose brute Db (mm)	18,84
Tour d'eau	**3**
Twmax	12
E_rampe (m)	5
E_asp (m)	5
Qasp (l/h)	156
Pasp (mm/h)	4,60
Nb_poste	2,0
L_parcelle (m)	75
l_parcelle (m)	60
Nbrp	12
Nb-rp_sim	10,0
Nb_asp/rp	**12**
Qe(l/s/ha)	2,2
Q_sys (m3/h)	21,2

Annexe 5:Catalogue du micro-asperseur

Waterbird® Classic



Features

- Engineered to provide improved water application for under tree and vine installations
- Aerofoil shaped frame minimises dry spots
- Snap Fit bearing provides easy field disassembly
- Anti-insect/dust proof spinner retracts to protect nozzle when not in operation
- Improved distribution characteristics with large droplet size being less susceptible to wind effects
- Low angle of throw for maximising under foliage penetration
- Proven robust frame design for superior strength and long field life
- Available with snap-off deflector for irrigating young trees
- Eight colour coded flow rates from 36 L/h to 304 L/h
- Maximum diameter of throw in excess of 10 m
- Fully assembled models available with pre-installed tube and stake

Specifications

- **Inlet:** 10 mm MBSP/NPT
- **Recommended Pressure Range:** 100 – 200 kPa
- **Materials:** Frame, bearing and nozzle: Acetal
  Spinner: Nylon

Application



PERFORMANCE CHART

Jet Colour Orifice Diam.	Pressure (kPa)	Diam. Std Spinner (m)	Diam. with LTD Spinner (m)	Diam Deflector TAB Spinner (m)	Diam. Deflector Plate (m)	Flow (L/h)	Stream Height* (m)
Black 1.00 mm	100	4.9				30	0.56
	150	**5.5**	**4.0**	**1.0**	**1.4**	**36**	**0.62**
	200	5.8				41	0.65
White 1.05 mm	100	6.1				44	0.56
	150	**6.9**	**4.6**	**1.4**	**1.4**	**55**	**0.62**
	200	7.3				64	0.65
Maroon 1.25 mm	100	6.8				62	0.57
	150	**7.8**	**5.1**	**1.5**	**1.4**	**76**	**0.71**
	200	8.3				89	0.90
Green 1.40 mm	100	7.3				81	0.60
	150	**9.2**	**5.3**	**1.6**	**1.4**	**99**	**0.83**
	200	10.3				115	0.90
Blue 1.65 mm	100	8.4				108	0.60
	150	**9.4**	**6.0**	**1.7**	**1.6**	**134**	**0.80**
	200	10.5				156	0.92
Grey 1.80 mm	100	8.5				125	0.60
	150	**9.4**	**5.5**	**2.7**	**1.7**	**155**	**0.77**
	200	10.8				178	0.90
Yellow 2.0 mm	100	8.3				156	0.65
	150	**9.4**	**N/R**	**2.5**	**1.8**	**192**	**0.75**
	200	10.3				221	0.85
Red 2.3 mm	100	8.8				214	0.74
	150	**10.2**	**N/R**	**2.5**	**1.8**	**265**	**0.97**
	200	10.3				304	1.05

Shaded portions indicate recommended operating pressures.
Diameters based on spinner at 250 mm above ground level

Annexe 6:Note de calcul du dimensionnement des conduites

❖ Dimensionnement des conduites

Conduites	Q(m3/h)	Longueur (m)	Dint (mm)	Dcom (mm)	F	ΔH_simple(m)	ΔH_adm_new(m)
Rampes	2,12	60	21,01	25	0,415	1,886	2,114
Porte rampe	21,20	75	66,43	90	0,394	0,299	3,701
Sous-primaire	21,20	1,5	66,43	90	1,00	0,015	3,985
Primaire	21,20	250	66,43	90	0,435	1,099	2,901
Transport	21,20	50	66,43	90	1	0,505	2,396
V(m/s)	1,7	ΔH_périmètre(m)	3,803	ΔH_adm (m)	4		

Tubes plastiques	**a**	**n**	**m**
	0,00101	1,84	4,88

❖ Différentes formules empiriques de dimensionnement de la conduite de transport

Auteurs	Diamètre D_{th} (m)	Unités et annotations
Bresse	$1,5*Q^{0,5}$	D_{th} (m) : diamètre théorique ;
Bonin	$Q^{0,5}$	$Q(m^3/s)$: débit transitant dans la conduite ;
Bedjaoui	$1,27*Q^{0,5}$	n : nombre d'heures de pompage (h/j ;
Meunier	$(1+0,02*n)*Q^{0,5}$	V_{ref} (m/s) : vitesse de refoulement de l'eau.
Condition de GLS	$V_{ref} \leq \left(\frac{DN_{retenu}}{50}\right)^{0,5}$	

Annexe 7:Calcul de la HMT et choix de la pompe

❖ *Calcul de la HMT*

Calcul de la HMT	
Vaspiration (m/s)	3,3
ΔH_asp_pmp (m)	0,56
Hsup-asp (m)	0,90
ΔH_sup_asp(m)	0,225
ΔH_friction-total(m)	22,79
ΔH_pièce(m)	2,28
ΔH_filtres,inject(m)	2
ΔH_geo(m)	60
HMT(m)	**90**

Annexe 8:Note de calcul du dimensionnement de la source d'énergie

❖ Dimensionnement des batteries

1	Données préalables	T_ens (h)	T_pmp(h)	Rendement électropompe	Q_pmp(m3/h)	HMT(m)	
2		8	8	0,4	25	90	
3	Numéro	1	2	3	4	5	6
4	Incrément chronologique	Δt1	Δt2	Δt3	Δt4	Δt5	Δt6
5	Frange horaire	4h-8h	8h-12h	12h-16h	16h-20h	20h-0h	0h-4h
6	Variation temps Δti (h)	4	4	4	4	4	4
7	Temps cumulé ti	4	8	12	16	20	24
8	Puissance sortante Pout_bat (kW)	8,77	8,77	0	8,77	8,77	0,00
9	Energie sortante cumuléeE_out_bat (kWh)	35,07	70,14	70,14	105,21	140,27	140,27
10	Puissance rentrante P_in_bat (kW)	0	8,77	8,77	0	0	0
11	Energie entrante cumulé E_in_bat (kWh)	0	35,07	70,14	70,14	70,14	70,14
12	Variation volume energie cumulée E_in_bat - E_out_bat	-35,07	-35,07	0,00	-35,07	-70,14	-70,14
13	volume energie necessaire au pompage Ebat_pmp (kWh)	35,07					
14	Détermination du nombre de batteries						
15	Données préalables	Voltage unité batterie U_bat (V)	Amperage unité batterie IT_bat (Ah)	Taux de décharge batterie μ	Perte batteries δ	Perte convertisseur Θ	
16		13,2	280	0,6	0,1	0,03	
17	Energie totale stockée batteries E_stock_bat (kWh)	66,95					
18	Energie de l'unité batterie E_bat (kWh)	3,696					
19	Nombre de batterie N_bat	18,11					
20	Nombre de batterie de retenu N_bat	20,00					
21	Taux energie stockée utilisée par le pompage T_Epmp/Estock (%)	52,38					

❖ **Dimensionnement des panneaux solaires**

Données prealables	Temps d'ensoleillement T_ens (h)	Temps de pompage T_pmp (h)	Temps maximal de travail T_wmax (h)	Rendement électropompe η	Perte batterie δ	Rendement panneauxvsolaires	Pertes convertiseur	Perte dû au viellissement	Superficie à irriguer A(ha)	Q_pmp (m3/h)	Q_syst (m3/h)	HMT (m)	Module P_pan-modn(Wc)
	8	8	8	0,4	0,1	0,8	0,03	0,2	2,70	25	25	90	600

Puissance totale des panneaux P_out_pan (kW)	15,69
Nombre de panneaux solaires N_pan	26,15
Nombre de panneaux retenus N_pan_ret	**30**
Simulation dose brute journalière Db (mm)	4,30

❖ **Choix des convertisseurs**

Choix des convertisseurs hybrides	
Puissance d'un convertisseur_P_ond (kW)	6
Nombre totale de convertisseur_N_ond	2,62
Nombre totale de convertisseurs retenus_N_oud_ret	**3**
Puissance totale (kW)	18

Annexe 9:Devis estimatif et quantitatif

DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF				
Désignation	**Unité**	**Quantité**	**PU (FCFA)**	**Total (FCFA)**
Préparation du site				
Sous solage	ha	3	150 000	450 000
Nivelement et planage	ha	3	300 000	900 000
Sous total 001				**1 350 000**
Unité de pompage et de stockage				
Implantation géophysique	U	1	400 000	400 000
Réalisation du forage	ml	60	53 833	3 230 000
Fourniture et pose de pompe solaire imergée (+ pompe de secours)	U	2	1 000 000	2 000 000
Convertisseur solaire hybride 6kW	U	3	600 000	1 800 000
Batterie solaire 13,2V/280 Ah	U	20,00	250 000	5 000 000
Panneaux solaire de 600 Wc	U	30	220 000	6 600 000
Filtre à disque 120 mesh 6 m3/h	U	1	60 000	60 000
Chateau d'eau surélévé	ml	100	35 000	3 500 000
Ensemble câblage et accessoires et toute sujetions	U	1	600 000	600 000
Sous total 002				**23 190 000**
Réseau d'irrigation				
Microasperseur Rotateur WATER BIRD TORO	U	720	5 000	3 600 000
Conduites en polyéthylène pour les rampes DN25mm	ml	3600	1 500	5 400 000
Conduites en PEHD DN90mm pour les portes rampes	ml	270	2 500	675 000
Conduites en PVC DN90mm pour les secondaires, primaire et transport	ml	376	1 250	470 000
Pièces de connexion (vannes, tés, coudes, bouchons)	%	10%		654 500
Sous total 003				**10 799 500**

Installation d'une clôture grillagée				
Fourniture de cornières 40 lourd de 2 m de haut	ml	235	2 000	**470 000**
Fourniture de grillage de hauteur 2,1 m maille 3cm*3cm. Rouleau de 25m y compris toutes sujetions	ml	28,00	50 000	**1 400 000**
Portail d'accès battant (2,5 m*1,5m) y compris toutes sujetions	U	1,00	200 000	**200 000**
Sous total 004				**2 070 000**
Couts MO/Installation (25% coût total)				
Sous total 006				**8 834 875**
TOTAL INVESTISSEMENT				**46 244 375**

❖ **Coût conception et semences**

Investissement	**Valeurs**
Investissement_conception (FCFA	**46 244 375**
Investissement_semence (FCFA)	240 000
Investissement_total (FCFA)	**46 484 375**

❖ **Compte d'exploitation**

Compte d'exploitation	**TRI, VAN et DRI (les chiffres sont en miliers de FCFA)**						
	Année1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5	Année 6	Année 7
Chiffres d'affaires	5 850	11 700	11 700	11 700	11 700	11 700	11 700
Charge variables	1 045	2 090	2 090	2 090	2 090	2 090	2 090
Charge fixes	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
Résultat d'exploitation	3 605	8 410	8 410	8 410	8 410	8 410	8 410
Flux cumulés	3 605	12 015	20 425	28 835	37 245	45 655	54 065
Flux actualisés	3 116	6 283	5 430	4 693	4 057	3 506	3 030
Flux actualisés cumulés	3 116	9 399	14 829	19 522	23 579	27 085	30 115
Investissement	**46 484**						

VAN (TRI)	-19 399,5
Taux de rentabilité investissement TRI	0,1570
Taux de rentabilité investissement TRI (%)	**15,70**
DRI (ans)	**6**

Annexe 10: : Plan de Gestion Environnemental et social (PGES)

Phase du projet	Activités source d'impact	Description de l'impact	Milieu récepteur								
			Milieu biophysique					Milieu socio-économique			
			Sol	Eau	Air	Faune	Flore	Santé et sécurité	Economie	Emploi	Qualité de vie
Phase préparation	Désherbages et coupe des arbres	Elimination de la végétation	×			×	×	×		×	
	Mise en place des matériaux de construction et des engins	Emission de poussière et de fumée issues des engins de transport, associé au bruit sonore produit par les moteurs			×			×		×	
Phase d'exécution des travaux	Nivellement	Changement des micro-habitats locaux, perturbation du cours naturel de l'eau et altération du sol	×	×							
	Sous solage	Changement des micro-habitats locaux, perturbation du cours naturel de l'eau et altération du sol	×	×		×				×	
	Transport des matériaux et circulation des engins	Emission de poussière due aux engins de transport et de construction sur le site, émission de fumée et altération du sol			×			×			

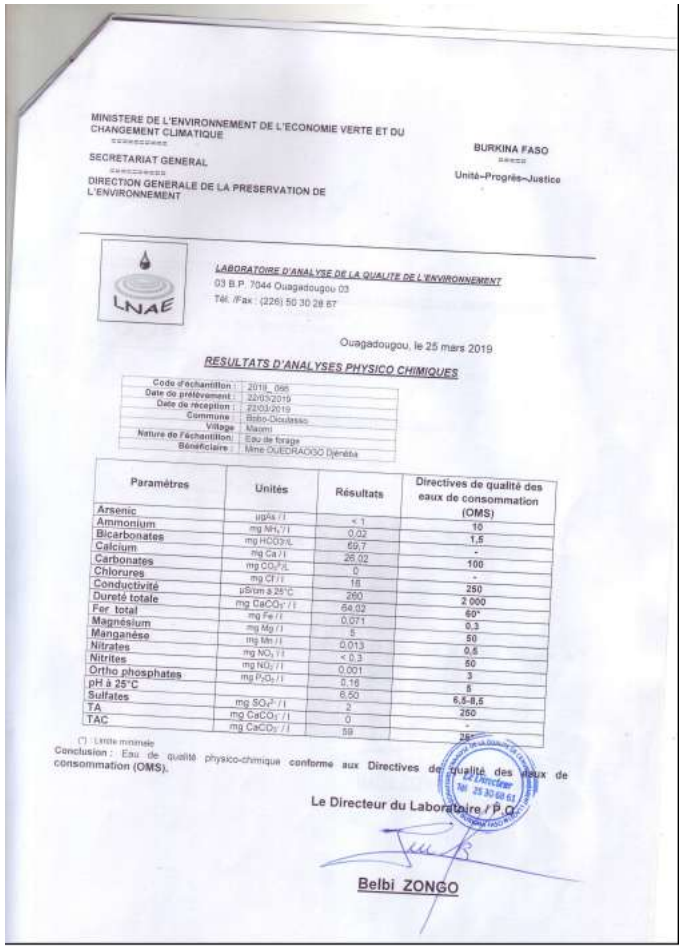
	Mise en place des conduites et équipements d'irrigation	Changement des micro-habitats locaux, perturbation du cours naturel de l'eau et altération du sol, emploi de la main d'œuvre locale	×	×						×	
	Mise en place du système de pompage	Emploi de la main d'œuvre locale								×	
Phase d'exploitation	Utilisation d'intrant et produits phytosanitaires	Altération des paramètres physico-chimiques du sol, rejet direct des déchets liquides et solides	×	×				×			
	Risque d'accidents	Accidents sur site lors des travaux champêtres						×			
	Irrigation	Surexploitation de la ressource en eau		×							
	Récolte et vente	Génération de revenues							×		×

Annexe 11:Mesures d'atténuation des impacts négatifs et de renforcement des impacts pSositifs

Phase du projet	**Activités source d'impact**	**Récepteurs d'impacte**	**Description de l'impact**	**Mesure d'atténuation des impacts négatifs et de renforcement des impacts positifs**
Phase préparation	Désherbages et coupe des arbres	Sol, faune	Elimination de la végétation	Minimiser la coupe d'arbres en limitant la coupe aux zones strictement nécessaires
	Mise en place des matériaux de construction et des engins	Air, sol, communauté locale	Emission de poussière et de fumée issues des engins de transport, associé au bruit sonore produit par les moteurs	Arroser les zones de travail pour réduire la poussière, Utiliser des engins conformes aux normes antipollution et limiter la vitesse des véhicules.
Phase d'exécution des travaux	Nivellement	Sol, faune	Changement des micro-habitats locaux, perturbation du cours naturel de l'eau et altération du sol	Utiliser des techniques de nivellement doux pour minimiser la perturbation du sol
	Sous solage	Sol, faune	Changement des micro-habitats locaux, perturbation du cours naturel de l'eau et altération du sol	Réaliser le sous-solage uniquement dans les zones nécessaires
	Transport des matériaux et circulation des engins	Air, sol, communauté locale	Emission de poussière due aux engins de transport et de construction sur le site, émission de fumée et altération du sol, accidents routiers	Utiliser des engins en bonne état afin de minimiser les émissions de fumée et la pollution sonore Sensibiliser le personnel du chantier sur le respect des règles de sécurités routières

	Mise en place des conduites et équipements d'irrigation	Sol, faune, communauté locale	Changement des micro-habitats locaux, perturbation du cours naturel de l'eau et altération du sol, emploi de la main d'œuvre locale	Assurer une rémunération équitable et des conditions de travail sécurisées pour les travailleurs locaux Former la main d'œuvre locale aux meilleures pratiques environnementales.
	Mise en place du système de pompage	Communauté locale	Emploi de la main d'œuvre locale	Assurer une rémunération équitable et des conditions de travail sécurisées pour les travailleurs locaux
Phase d'exploitation	Utilisation d'intrant et produits phytosanitaires	Sol, ressources en eau, faune	Altération des paramètres physico-chimiques du sol, rejet direct des déchets liquides et solides	Utiliser des produits phytosanitaires et des engrais certifiés bio ou à faible impact environnemental. Mettre en place un plan de gestion des déchets (produits phytosanitaires vides, emballages).
	Risque d'accidents	Ouvriers	Accidents sur site lors des travaux champêtres	Sensibiliser les ouvriers, les doter d'équipement de protection et de trousses de soins
	Irrigation	Ressources en eau	Surexploitation de la ressource d'eau	Mettre en place un suivi régulier de la consommation d'eau pour éviter la surexploitation
	Récolte et vente	Economie	Génération de revenues	Mettre en place des partenariats avec les marchés locaux pour assurer des débouchés aux produits agricoles

Annexe 12: Résultats d'analyse physique et bactériologique



MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT DE L'ECONOMIE VERTE ET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

SECRETARIAT GENERAL

DIRECTION GENERALE DE LA PRESERVATION DE L'ENVIRONNEMENT

BURKINA FASO

Unité–Progrès–Justice

LNAE

LABORATOIRE D'ANALYSE DE LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT
03 B.P. 7044 Ouagadougou 03
Tél. /Fax : (226) 50 30 28 67

Ouagadougou, le 25 mars 2019

RESULTATS D'ANALYSES PHYSICO CHIMIQUES

Code d'échantillon :	2019_ 066
Date de prélèvement :	22/03/2019
Date de réception :	22/03/2019
Commune :	Bobo-Dioulasso
Village :	Maomi
Nature de l'échantillon:	Eau de forage
Bénéficiaire :	Mme OUEDRAOGO Djénéba

Paramètres	Unités	Résultats	Directives de qualité des eaux de consommation (OMS)
Arsenic	µg/L / l	< 1	10
Ammonium	mg NH_4 / l	0,02	1,5
Bicarbonates	mg $HCO3^-$/L	69,7	-
Calcium	mg Ca / l	26,02	100
Carbonates	mg CO_3^{2-}/L	0	-
Chlorures	mg Cl / l	18	250
Conductivité	µS/cm à 25°C	260	2 000
Dureté totale	mg $CaCO_3$ / l	64,02	60°
Fer total	mg Fe / l	0,071	0,3
Magnésium	mg Mg / l	5	50
Manganèse	mg Mn / l	0,013	0,5
Nitrates	mg NO_3 / l	< 0,3	50
Nitrites	mg NO_2 / l	0,001	3
Ortho phosphates	mg P_2O_5 / l	0,16	5
pH à 25°C		6,50	6,5-8,5
Sulfates	mg SO_4^{2-} / l	2	250
TA	mg $CaCO_3$ / l	0	-
TAC	mg $CaCO_3$ / l	59	25*

(*) : Limite minimale

Conclusion : Eau de qualité physico-chimique conforme aux Directives de qualité des eaux de consommation (OMS).

Le Directeur du Laboratoire / P.O.

Belbi ZONGO



MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT DE L'ECONOMIE VERTE ET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

SECRETARIAT GENERAL

DIRECTION GENERALE DE LA PRESERVATION DE L'ENVIRONNEMENT

BURKINA FASO

Unité–Progrès–Justice

LNAE

LABORATOIRE D'ANALYSES DE LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT
03 B.P. 7044 Ouagadougou 03
Tél. /Fax : (226) 50 30 28 67

Ouagadougou, le 25 mars 2019

RESULTATS D'ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

Code d'échantillon :	2019_ 066
Date de prélèvement :	22/03/2019
Date de réception :	22/03/2019
Commune :	Bobo-Dioulasso
Village :	Maomi
Nature de l'échantillon:	Eau de forage
Bénéficiaire :	Mme OUEDRAOGO Djénéba

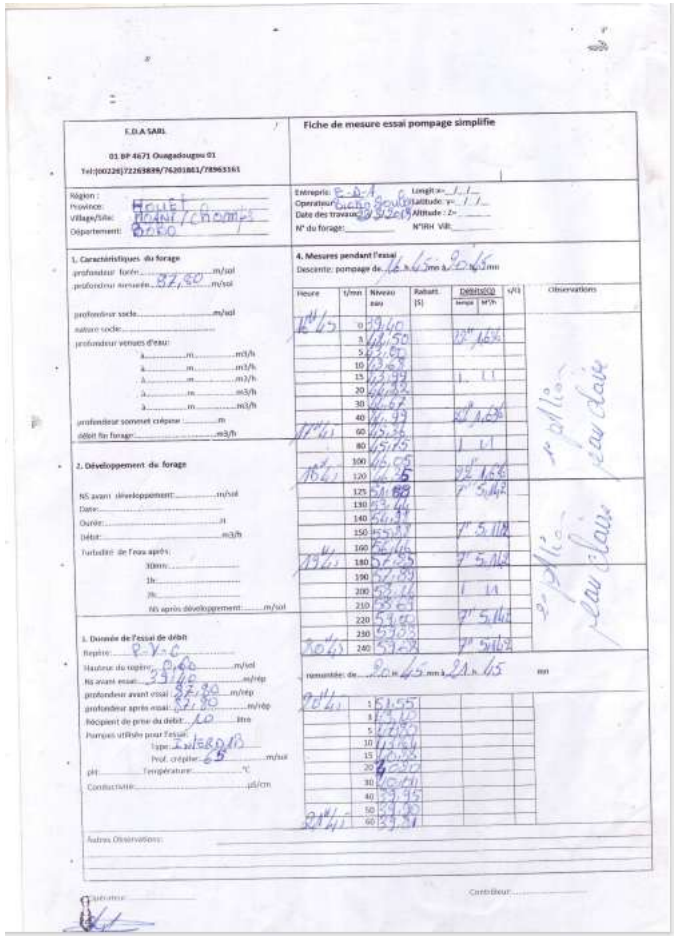
Paramètres	Unités	Résultats	Directives de qualité des eaux de consommation (OMS)
Coliformes fécaux	UFC / 100 mL	0	0
E. coli	UFC / 100 mL	0	0
Streptocoques fécaux	UFC / 100 mL	0	0

Conclusion : Paramètres bactériologiques conformes aux Directives de qualité des eaux de consommation (OMS).

Le Directeur du Laboratoire / P.O.

Belbi ZONGO

Annexe 13: Résultats des essais de pompages



E.D.A SARL

01 BP 4671 Ouagadougou 01

Tel:(00226)72263839/76201861/78965161

Fiche de mesure essai pompage simplifie

Région :
Province:
Village/Site: KOANI/CHAMPS
Département: BOBO

Entrepris: E.D.A
Operateur: Electro Sondage
Date des travaux: 29/05/2019
N° du forage:

Longitude: x=
Latitude: y=
Altitude : z=
N°IRH Vill:

1. Caractéristiques du forage

profondeur foré:.....32,50.....m/sol
profondeur tubée:.....32,50.....m/sol
profondeur socle:.....m/sol
nature socle:.....
profondeur venues d'eau:
à.....m.....m3/h
à.....m.....m3/h
à.....m.....m3/h
à.....m.....m3/h
à.....m.....m3/h
profondeur sommet crépine :.....m
débit fin forage:.....m3/h

2. Développement du forage

NS avant développement:.....m/sol
Date:.....
Durée:.....H
Débit:.....m3/h
Turbidité de l'eau après:
30mn:.....
1h:.....
2h:.....
NS après développement:.....m/sol

3. Durée de l'essai de débit

Repère: B.V.C
Hauteur du repère:.....0,60.....m/sol
Ns avant essai:.....31,40.....m/rép
profondeur avant essai:.....32,00.....m/rép
profondeur après essai:.....32,00.....m/rép
Récipient de prise du débit:.....10.....litre
Pompes utilisée pour l'essai:
Type: SUBERSUB
Prof. crépine:.....25.....m/sol
pH:.....Température:.....°C
Conductivité:.....µS/cm

4. Mesures pendant l'essai

Descente: pompage de 12 x 65 mn à 20 x 65 mn

Heure	t/mn	Niveau eau	Rabatt. (S)	Débit/DDD temps	Débit/DDD m³/h	s/Q	Observations
10H45	0	31,40					
	1	46,50					
	2	47,50					
	5	47,90					
	10	47,95					
	15	47,99					
	20	48,02					
	30	48,07					
	40	48,09					
11H41	60	48,25					
	80	48,35					
	100	48,05					
12H41	120	48,25					
	125	50,00					
	130	50,44					
	140	50,63					
	150	50,88					
	160	50,96					
13H41	180	50,95					
	190	50,89					
	200	50,96					
	210	50,93					
	220	50,98					
	230	50,93					
14H41	240	50,93					

remontée: de 20 x 65 mn à 21 x 05 mn

20H41	1	51,55
	3	49,10
	5	47,99
	10	47,94
	15	47,94
	20	47,90
	30	47,91
	40	47,95
	50	47,90
21H41	60	47,91

Autres Observations:

Opérateur:

Contrôleur: