



Thème du PFE : Conception et dimensionnement de systèmes photovoltaïques pour l'irrigation agricole dans les zones rurales de Guinée. Cas de la Plaine de Danini, dans le District de Kiffaya, Sous-préfecture de Guingan, Préfecture de Koundara, Région de la Moyenne Guinée

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU **MASTER GIS** OPTION : **ENERGIE RENOUVELABLE**

Présenté et soutenu publiquement le [Date] par
Ibrahima BALDE

Travaux dirigés par : Prénom NOM
Titre (Enseignant, Chercheur, Dr ...)
CENTRE COMMUN DE RECHERCHE

Jury d'évaluation du stage :

Président : Prénom NOM

Membres et correcteurs : Prénom NOM
Prénom NOM
Prénom NOM

Promotion **[septembre 2022-2025]**



Conception et dimensionnement de systèmes photovoltaïques pour l'irrigation agricole dans les zones rurales de Guinée. Cas de la Plaine de Danini, dans le District de Kiffaya

Remerciements

Avant tout je rends grâce à Allah qui m'a donné la santé et la force nécessaires pour mener à bien ce travail.

Je souhaite exprimer ma profonde reconnaissance à ma coordinatrice de programme **Mme Evelyne MBAYE ZONGO** et à mon encadrant **Dr Aboubacar GOMNA** pour leurs disponibilités, leurs accompagnements, leurs conseils déterminants dans l'aboutissement de ce mémoire.

Mes remerciements vont également à l'ensemble du corps enseignant et administratif de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour la qualité de la formation et pour l'environnement académique encourageant qui m'a permis d'acquérir les compétences pour réaliser ce travail.

J'adresse également mes remerciements aux responsables et techniciens des structures du génie rurale de la moyenne Guinée notamment la section préfectorale du Génie rural (SPGR), de Koundara, la Direction Nationale du Génie Rural (DNGR), l'équipe de la station météorologique de Labé et Cabinet d'Etude GMP dirigé par **Elhadj Issiaga BARRY- ingénieur 2iE** dont les soutiens ont rendu possible cette étude.

Je remercie chaleureusement les communautés de Guingan et du district de Kiffaya pour leurs accueils, leurs disponibilités et les échanges constructifs durant les travaux de collecte d'information sur le terrain.

Je ne terminerai pas cette section sans exprimer ma reconnaissance envers mon épouse **Fatoumata Binta BARRY** et mes enfants (**Souadou et Kadidiatou BALDE**) pour leur soutien moral tout au long de cette formation.

Enfin, je remercie toute personne qui, de près ou de loin ont contribué à ce travail. Que chacun trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.



Résumé

Dans plusieurs villages en Guinée, la culture maraîchère ne se pratique pas sur des grandes surfaces à cause du manque d'électricité pour irriguer les plaines en saison sèche malgré la disponibilité de la ressource hydrique. Dans cette étude de cas, nous avons évalué le potentiel solaire pour l'irrigation de la plaine de Danini dans le district de Kiffaya, préfecture de Koundara, la disponibilité de l'eau, les données climatiques pour estimer les besoins en eau des cultures. Ces données ont permis de dimensionner deux systèmes afin de les comparer :

Un système de pompage photovoltaïque pour alimenter deux stations de pompage de surface,

Un système de pompage thermique utilisant des motopompes pour irriguer la même superficie que le système précédent.

L'analyse technico économique de ces deux systèmes a montré que le coût du mètre cube d'eau (1413GNF) pompée via le système photovoltaïque est d'environ deux fois moins cher que le coût du même mètre cube d'eau (3 263GNF) pompé via le système thermique. En plus du coût réduit du mètre cube d'eau pompée, le système photovoltaïque offre des avantages de protection de l'environnement, l'amélioration de productivité agricole, la réduction de la pénibilité du travail, la possibilité de répliquabilité du système.

Par ailleurs, la Guinée bénéficie d'un important potentiel énergétique offrant un ensoleillement de 4 à 6kWh/m² largement exploitable pour l'irrigation agricole et l'électrification rurale. En plus, le cadre politique et institutionnel Guinéen est favorable au développement des énergies renouvelables. Cependant, le coût élevé de l'investissement initial nécessite un accompagnement institutionnel ou un partenariat public privé et un contrôle de la qualité des équipements PV qui sont livrés sur le marché pour garantir la qualité des produits achetés.

Mots Clés :

- Plaine de Danini
- Irrigation solaire photovoltaïque
- Dimensionnement solaire photovoltaïque
- Pompage solaire
- Energie renouvelable en Guinée
- Aménagement hydro agricole
- Analyse technico-économique
- LCOE (levelized Cost of Energy)
- Hauteur manométrique totale (HMT)

— Station de pompage solaire



Abstract

In several villages in Guinea, market gardening is not practiced on large areas because of the lack of electricity for irrigating plains during the dry season, because of the availability of water resources. In this case study, we assessed the solar potential for irrigating the Danini plain in the Kiffaya district, Koundara prefecture, as well as the availability of water and climatic data to estimate crop water requirements. These data were used to design and compare two systems:

- A photovoltaic pumping system to supply two surface pumping stations,
- A thermal pumping system using motor pumps to irrigate the same area as the photovoltaic system.

The techno-economic analysis of these two systems showed that the cost per cubic meter of water (1,413 GNF) pumped with the photovoltaic system is about twice as cheap as the cost of the same cubic meter of water (3,263 GNF) pumped with the thermal system. In addition to the reduced cost per cubic meter of pumped water, the photovoltaic system provides environmental protection benefits, improved agricultural productivity, reduced labor hardship, and the possibility of system replicability.

Moreover, Guinea has significant energy potential, with solar irradiation ranging from 4 to 6 kWh/m², which can be widely harnessed for agricultural irrigation and rural electrification. In addition, the Guinean political and institutional framework is favorable to the development of renewable energies. However, the high cost of initial investment requires institutional support or public-private partnerships, as well as strict quality control of PV equipment supplied to the market to ensure the reliability of purchased products.

Key Words

- Danini plain
- Solar photovoltaic irrigation
- Photovoltaic system sizing
- Solar water pumping
- Renewable Energy in Guinea
- Hydro agricultural development
- Technico-economic analysis
- LCOE (levelized Cost of Energy)
- Total manometric head

—Solar pumping station



Conception et dimensionnement de systèmes photovoltaïques pour l'irrigation agricole dans les zones rurales de Guinée. Cas de la Plaine de Danini, dans le District de Kiffaya

Acronymes

- ⇒ 2IE: Institut Internationale de l'Eau et de l'Environnement
- ⇒ AFD: Agence Française de Développement
- ⇒ AGER: Agence Guinéenne d'Electrification Rural
- ⇒ BAD : Banque Africaine de Développement
- ⇒ BND: Banque Nationale de Développement
- ⇒ BOT: Build-Operate-Transfer
- ⇒ EDG: Electricité de Guinée
- ⇒ ENR: Energie Renouvelable
- ⇒ GMP: Géo management et Partenaires
- ⇒ HDX: Humanitarian Data Exchange
- ⇒ HMT : Hauteur Manométrique Totale
- ⇒ LCOE : Levelized Cost of Energy (ici appliqué au m³ d'eau pompée)
- ⇒ ODD: Objectifs du Développement Durable
- ⇒ **OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economique**
- ⇒ PPP: Partenariat Public - Privé
- ⇒ PV: Photo Voltaïque
- ⇒ SIE: Système d'Information Energétique
- ⇒ UE: Union Européenne



Table des matières

1. Introduction générale	9
CHAPITRE 1 : Problématique, justification et objectifs	9
1.1. Problématique et justification du choix du sujet	9
1.2. Justification du choix du sujet	10
1.3. Objectifs du mémoire	10
1.3.1. Objectif général :	10
1.3.2. Objectifs spécifiques :	10
CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE ET OUTILS	11
2.1. Démarche générale	11
2.2. Sources de données	11
2.3. Outils utilisés	12
2.4. Limites de l'étude	12
CHAPITRE 3 : Cadre institutionnel, politique et législatif du secteur de l'énergie en Guinée et potentiel énergétique national	12
3.1. Politique énergétique nationale	12
3.2. Rôle des institutions clés	13
3.3. Cadre de financement des projets ENR	13
3.4. Cadre législatif et réglementaire des énergies renouvelables	13
3.4.1. Lois et règlements relatifs à l'énergie	13
3.4.2. Contraintes réglementaires	14
3.5. Potentiel énergétique du pays	14
3.5.1. Potentiel solaire et éolien	15
3.5.2. Potentiel de la biomasse	16
3.5.3. Potentiel hydraulique	16
3.5.4. Puissance électrique installée	17
3.5.5. Atouts de la Guinée pour le développement du solaire	18
CHAPITRE 4 : Étude de cas : Projet d'irrigation solaire dans le district de Kiffaya	18
4.1. Présentation de la zone d'étude : Kiffaya	18
4.1.1. Localisation géographique et caractéristiques socio-économiques	18
4.1.2. Analyse des ressources climatiques locales	18
4.2. Conception et dimensionnement du système.	21
4.2.1. Analyse des ressources en eau et calculs des besoins en eau pour l'irrigation de contre saison	21
4.2.2. Choix des technologies de pompage	21
4.2.3. Dimensionnement de l'installation solaire	24
4.2.4. Résultat de dimensionnement du champ photovoltaïque	27



4.2.4.1.	Plan technique de l'installation des équipements.....	28
4.2.4.2.	Plans d'installation du champ photovoltaïque	29
4.3.	Plan de maintenance de l'installation	30
4.4.	Étude d'impact social et environnemental.....	30
4.4.1.	Impacts positifs attendus.....	30
4.4.2.	Risques et effets négatifs potentiels	31
4.4.3.	Mesures d'atténuation	31
4.5.	Analyse technico-économique.....	32
4.5.1.	Choix du taux d'actualisation annuelle (r)	33
4.5.2.	Analyse de sensibilité un taux d'actualisation de 8% élargi à 12% et 18%	34
CHAPITRE 5 : Résultats et recommandations		35
5.1.	Résumé des résultats.....	35
5.2.	Recommandations	35
Annexe : Note de Calculs		36
Annexe 0 : QUESTIONNAIRE POUR ENQUÊTE DE TERRAIN		36
Annexe1 : Données climatiques		38
Annexe2 : Estimation des besoins en eau.....		41
Annexe3 : Estimation de la ressource en eau disponible		42
Annexe4 : Dimensionnement hydraulique		43
1.	Besoins en eau des cultures	43
2.	Calcul des diamètres des conduites à poser	44
3.	Schéma du réseau de tuyaux PVC calculé	46
4.	Calculs de la pression dans les tronçons	47
5.	Choix de la pompe :	48
Annexe 5 : Dimensionnement de l'installation solaire		51
a.	Données de calculs.....	51
b.	Dimensionnement du champ photovoltaïque.....	52
c.	Vérification de la compatibilité du système	53
d.	Dimensionnement des équipements de protection du champ photovoltaïque	54
e.	Dimensionnement des câbles électriques	55
f.	Dimensionnement des supports des panneaux	56
g.	Vérification de la stabilité de la structure contre l'arrachement dû au vent	57
h.	Production d'eau mensuelle et annuelle	58
Annexe 6 : Analyse Economique		60
Bibliographie		72



Table de matière des Tableaux

Tableau 1: Potentiel éolien des régions de la Guinée	16
Tableau 2: Puissance électrique installée	17
Tableau 3: Données climatiques mensuelles	19
Tableau 4: Besoins en eau des cultures	21
Tableau 5: Caractéristiques des pompes retenues	23
Tableau 6: Sections standards des câbles électriques	25
Tableau 7: Station de pompage et réseau de canalisation	27
Tableau 8: Champ photovoltaïque	27
Tableau 9: Equipement de protection du champs PV	27
Tableau 10: Mesures d'atténuation des risques	31
Tableau 11: Analyse de sensibilité un taux d'actualisation de 8% élargi à 12% et 18%	34
Tableau 14 comparaison des budgets et LCOE entre PV et thermique	35

Table de matière des figures

Figure 1: Irradiation globale horizontale de la Guinée vue dans Solargis	15
Figure 2: centrales en cours d'exploitation et en développement.	17
Figure 3: localisation de la zone d'é	18
Figure 4 : localisation du site d'Etudes [Lat/Lon] : 12.204°,-13.088°	19
Figure 5 : Irradiation solaire mensuelle du site DANINI (source : PVGIS-SARAH3, année 2023)	20
Figure 7: Schéma du réseau d'irrigation	22
Figure 8: Plan de la plaine et du réseau de conduite en PVC	28
Figure 9: plan d'installation du champ PV	29



1. Introduction générale

La Guinée, située en Afrique de l'ouest dispose d'un potentiel agricole immense mais l'agriculture bien qu'elle emploie près de 80% de la population active, reste largement dépendante de la saison des pluies et des pluies rendant ainsi les rendements aléatoires et insuffisants pour assurer la sécurité alimentaire des populations Guinéennes. L'accès à l'électricité quant à lui demeure un défi majeur surtout en milieu rural où le taux d'électrification stagne au tour de 10% selon les données de l'Agence guinéenne d'électrification rural (AGER). Cette situation limite la modernisation de l'agriculture via l'utilisation de l'énergie solaire.

La Guinée possède un ensoleillement abondant tout au long de l'année offrant des possibilités pour l'exploitation de l'énergie solaire qui est une source d'énergie propre, fiable et économique pour le pompage d'eau. L'intégration de l'énergie solaire dans les aménagements hydro-agricoles peut représenter une opportunité non négligeable pour les populations rurales en Guinée surtout dans les zones où il ne sera pas possible de réaliser de digue de retenue d'eau destinée à l'irrigation. Cette intégration rend les installations adaptées aux besoins des communautés rurales isolées, contribue à l'accès à l'énergie et à l'eau pour l'agriculture et peut contribuer à renforcer la résilience des systèmes agricoles face aux changements climatiques.

Afin de bien analyser notre étude de cas, ce mémoire est structuré en plusieurs chapitre complémentaires.

- Le premier chapitre expose la problématique les justifications du choix du thème et les objectifs visés ;
- Le deuxième chapitre décrit la méthodologie utilisée pour la collecte des données et l'analyse des données ainsi collectées ;
- Le troisième chapitre est consacré à la politique énergétique de la Guinée, le cadre institutionnel et réglementaire du secteur de l'énergie. Ce chapitre analyse également le potentiel énergétique du pays en le comparant à la puissance électrique installée et met en évidence les atouts de la Guinée pour le développement des énergies renouvelables ;
- Le quatrième chapitre est consacré à une étude cas dans lequel, deux systèmes de pompage (solaire et thermique) sont dimensionnés et comparés ;
- Le cinquième chapitre propose une discussion des résultats obtenus, des recommandations techniques et une conclusion générale.
- Enfin, le chapitre 6 vient clôturer le travail. Il est consacré aux annexes dans lesquels, tous les détails de dimensionnement sont exposés allant des hypothèses choisies, aux résultats de dimensionnement sans oublier l'analyse technico économique des deux systèmes dimensionnés.

CHAPITRE 1 : Problématique, justification et objectifs

1.1. Problématique et justification du choix du sujet

Le développement agricole en guinée plus particulièrement en zone rurale est confronté à plusieurs défis majeurs liés les uns des autres. Parmi ces défis nous pouvons citer :

- Système d'irrigation peu efficace : en Guinée, l'agriculture est largement dépendante des pluies ce qui rend les cultures vulnérables faces aux changements climatiques notamment la sécheresse
- Accès limité aux financements (coût de l'installation solaire et du système d'irrigation). Les coûts des infrastructures d'irrigation moderne et le manque d'accès aux financements limitent l'augmentation des rendements agricoles.
- Les problèmes fonciers rendent complexes la mise en œuvre des projets d'aménagement hydro-agricoles à grande échelles profitant à un nombre élevé d'agriculteurs



Conception et dimensionnement de systèmes photovoltaïques pour l'irrigation agricole dans les zones rurales de Guinée. Cas de la Plaine de Danini, dans le District de Kiffaya

- Faible électrification rurale : 90% des zones rurales n'ont pas accès à l'électricité fiable et abordable en Guinée. Ce manque d'accès à l'énergie limite l'utilisation des technologies modernes dans l'agriculture et freinent par conséquent le développement des activités économiques diversifiées.
- Potentiel solaire peu exploité : malgré un ensoleillement important et des technologies photovoltaïques de plus en plus abordables, le potentiel de l'énergie solaire guinéenne est sous exploité tant pour les besoins en énergie domestique que pour les irrigations agricoles

Parmi les différents défis identifiés, ce mémoire vise à répondre au problème de l'accès à une énergie fiable pour l'irrigation agricole en zone rurale et propose ainsi la conception et le dimensionnement des systèmes photovoltaïques comme solutions énergétiques durables permettant de valoriser le potentiel solaire disponible.

1.2. Justification du choix du sujet

Plusieurs raisons motivent le choix de ce thème de projet de fin d'études. Parmi ces raisons, bien qu'elles ne soient pas exhaustives, il y a :

- La pertinence pour le développement local : avoir accès à une source d'énergie durable, économique et non polluante permet :
 - D'améliorer l'accès à l'eau pour l'agriculture,
 - D'améliorer le revenu des agriculteurs en contribuant à la productivité agricole,
 - De renforcer la sécurité alimentaire locale et par conséquent, booster le développement économique des zones rurales.
- La réduction des coûts opérationnels et la dépendance aux énergies fossiles : les irrigations maraichères traditionnelles fonctionnent souvent en Guinée avec des pompes diesel entraînant des coûts importants en carburant et en maintenance de l'installation. L'utilisation de l'énergie solaire, réduit les coûts récurrents de carburant et lubrifiant tout en rendant la source d'énergie durable.
- Faible impact sur l'environnement : une source d'énergie solaire est propre (sans émission de gaz-à-effet de serre pendant le fonctionnement). Donc l'adoption d'une source d'énergie solaire contribue à la lutte contre le changement climatique et contribue à renforcer la résilience des systèmes agricoles face aux changements climatiques.
- Amélioration de la qualité de vie de la population locale : un accès à l'eau pour l'agriculture de façon durable, réduit les peines dans les travaux agricoles, améliore la disponibilité des aliments et par conséquent améliore la santé de la population locale.
- Atteinte des objectifs du développement durable (ODD) notamment :
 - ODD2 : Promotion de l'agriculture durable et la lutte contre la faim
 - ODD7 : Accès à l'énergie abordable et propre
 - ODD13 : Contribuer à l'action climatique

1.3. Objectifs du mémoire

1.3.1. Objectif général :

Proposer une solution d'électrification durable pour l'irrigation agricole dans le district de Kiffaya, commune rurale de Guingan à travers la conception et le dimensionnement de système photovoltaïque adapté.

1.3.2. Objectifs spécifiques :

- Étudier le potentiel solaire local.
- Identifier les besoins énergétiques des systèmes d'irrigation.
- Concevoir une solution solaire adaptée pour alimenter des pompes utilisées dans l'irrigation agricole.
- Évaluer les impacts socio-économiques et environnementaux du projet.



Conception et dimensionnement de systèmes photovoltaïques pour l'irrigation agricole dans les zones rurales de Guinée. Cas de la Plaine de Danini, dans le District de Kiffaya

CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE ET OUTILS

2.1. Démarche générale

Ce chapitre explique la démarche menée et les outils utilisés pour atteindre les objectifs fixés dans la section 2.3 ci-dessus qui pourront être reproductibles dans d'autres localités rurales. La méthodologie utilisée s'articule autour de quatre (04) étapes.

- Etape1 : Une revue documentaire en lien avec le thème et le questionnaire de collecte de données notamment les données disponibles (climatiques, cadre institutionnel, politique et législatif sur les énergies renouvelables), le cadre de financement des énergies renouvelables, la localisation de la zone d'étude et la ressource en eau à exploiter (forage, rivière, retenue d'eau)
- Etape2 Phase de collecte des données : dans cette étape, les données climatiques de la zone sont recherchées (température, irradiance), les contraintes techniques via les enquêtes de terrain sont identifiées, des entretiens avec la communauté sont réalisés pour identifier des éventuels impacts du projet (social, économique, environnemental).
- Etape3 Phase de conception et de dimensionnement : dans cette étape réalisée au bureau concerne la détermination des besoins énergétiques pour l'irrigation en fonction des besoins en eau déterminés par l'hydraulicien, calcul du générateur photovoltaïque et les composantes du système de pompage solaire (régulateur, onduleur, câbles électriques et autres dispositifs de protection de l'installation)
- Etape4 évaluation technico économique : dans cette phase, nous analyserons le coût d'investissement et de maintenance du système solaire proposé comparé à celui d'un pompage thermique afin de déterminer dans chaque cas, le coût du mètre cube d'eau pompée.

2.2. Sources de données

- Enquêtes terrain et entretien avec la communauté :
- Données climatiques et solaires (irradiation, température) : station météorologie de Labé, solarGIs,
- Données agricoles (types de cultures, surfaces, besoins en eau) : cabinet d'études GMP qui a déjà une base de données acquise auprès de différents services techniques de l'Etat Guinéen,
- Données techniques (composants PV, pompes, onduleur, régulateur, etc) : catalogue et fiches techniques des fabricants pour le choix des produits,
- HDX (Humanitarian data Exchange) : <https://data.humdata.org/search?> Pour la recherche des fichiers shapefiles des régions et préfectures de Guinée afin de produire une carte de localisation.
- Revues documents existants :
 - Module de Cours d'hydraulique agricole, ETSHER, 22^e promotion
 - Cours de conception et dimensionnement en énergie solaire photovoltaïque, 2iE 2024
 - Mémoire de Conception d'un système de pompage d'eau solaire photovoltaïque expérimental pour régions isolées : contrôle et dimensionnement, Bastien THOMASSET, juin 2022
- Recherche sur internet.



Conception et dimensionnement de systèmes photovoltaïques pour l'irrigation agricole dans les zones rurales de Guinée. Cas de la Plaine de Danini, dans le District de Kiffaya

2.3. Outils utilisés

- Questionnaires terrain préalablement conçu pour les enquêtes
- Logiciel QGIS pour la production des cartes de localisation.
- Logiciel Microsoft office (Excel, Word et power point) pour les calculs, la rédaction du rapport et la présentation du travail réalisé
- Logiciels d'AutoCAD civil 3D et d'ArchiCAD pour l'établissement des plans des ouvrages.
- La station totale appartenant au cabinet GMP pour les levés topographiques de la plaine
- Un véhicule RAV4

2.4. Limites de l'étude

Malgré les efforts et le sérieux fournis pour la collecte et l'analyse des données, il est important de reconnaître que ce travail réalisé a des limites. Entre autres, nous pouvons citer :

- Non disponibilité de certaines données locales comme :
 - La puissance électrique installée issue de l'énergie solaire n'est pas suffisamment connue afin de mettre en évidence la proportion de l'énergie solaire par rapport à l'énergie hydraulique et thermique installée ;
 - Puissance électrique installée non actualisée à l'année 2024 ;
 - La base de données récente du système d'information énergétique de Guinée (SIE) non accessible si elle existe.
- **Données climatiques :**
 - Les données solaires utilisées sont basées sur des moyennes annuelles issues des bases des données mondiales comme Solar GIS ;
 - Étude centrée sur une seule zone géographique.
- **Données hydrauliques :** besoins en eau collectés auprès du cabinet d'Etudes GMP et le potentiel hydraulique de la Guinée est issu de la base de données du ministère de l'agriculture et de l'élevage.

CHAPITRE 3 : Cadre institutionnel, politique et législatif du secteur de l'énergie en Guinée et potentiel énergétique national

3.1. Politique énergétique nationale

A travers plusieurs documents stratégiques, la Guinée s'est engagée dans une politique de réduction de la pauvreté. Parmi les objectifs de développement énergétique visés dans cette politique figurent :

- ✓ L'augmentation de l'accès à l'électricité tant pour la satisfaction des besoins domestiques, industriels que pour les besoins commerciaux et miniers.
- ✓ Développer des projets d'interconnexion au niveau de la sous-région
- ✓ Développer le partenariat public-privé (PPP) afin d'ériger le secteur privé en acteur clé de l'électrification rural.
- ✓ Promouvoir le développement et l'exploitation des énergies renouvelables (solaire, biogaz, éolienne, etc) pour réduire la dépendance aux énergie fossiles.



Conception et dimensionnement de systèmes photovoltaïques pour l'irrigation agricole dans les zones rurales de Guinée. Cas de la Plaine de Danini, dans le District de Kiffaya

3.2. Rôle des institutions clés

En Guinée, le Ministère de l'Energie, de l'hydraulique et des Hydrocarbures a pour mission, la conception, l'élaboration et la mise en œuvre des politiques et stratégies du gouvernement dans les domaines de l'énergie, de l'hydraulique et des hydrocarbures et d'en assurer de suivi. Il exerce ses attributions dans le secteur de l'énergie à travers :

- La direction nationale de l'hydraulique ;
- La direction nationale de l'énergie ;
- La société d'Etat : Electricité de Guinée (EDG) à qui l'Etat a confié l'exploitation de l'électricité dans les centres urbains de Guinée (réseau d'électricité thermique et hydroélectrique) ;
- Agence guinéenne d'électrification rurale (AGER).

3.3. Cadre de financement des projets ENR

Le secteur de l'hydroélectricité est très peu développé en Guinée (moins de 10% d'exploitation effective) malgré le potentiel disponible. Le secteur de l'énergie renouvelable quant à lui est marginal bien que le gouvernement Guinéen ait initié des initiatives pour développer ce secteur.

Le gouvernement Guinéen affiche une volonté de développer le secteur de l'hydroélectricité et le secteur de l'énergie renouvelable ; toutefois, le financement des projets d'énergie renouvelable et hydroélectricité repose sur la combinaison de plusieurs sources de financement :

- ✓ Public via la Banque nationale de développement (BND)
- ✓ Privé à travers des partenariats public privé (PPP)
- ✓ Des financements internationaux grâce aux soutiens des bailleurs comme la banque mondiale, la Banque Africaine de développement (BAD) et l'Union Européenne via l'AFD.

3.4. Cadre législatif et réglementaire des énergies renouvelables

3.4.1. Lois et règlements relatifs à l'énergie

Dans la poursuite de l'engagement de la Guinée à réduire la pauvreté à travers des documents stratégiques, le pays s'est doté de plusieurs textes législatifs et réglementaire pour structurer le secteur de l'énergie. Parmi ces textes, nous pouvons citer :

- ✓ **Loi sur l'électricité (L/2013/053/CNT du 8 avril 2013)** : cette loi libéralise le marché de l'électricité en ouvrant la possibilité aux opérateurs publics et privés de produire, transporter, distribuer et commercialiser l'électricité en Guinée dans les zones rurales et périurbaines. Elle précise les régimes d'autorisation et de concession pour les installations jusqu'à 500KW ;
- ✓ **Loi L/2017/041/AN** : cette loi facilite la mise en œuvre des projets énergétiques par des partenariats entre l'Etat des investisseurs privés ;
- ✓ **Loi L/92/043 du 8 février 1992 de février 1992** : cette loi porte sur le Code des activités économiques en Guinée ;
- ✓ **Loi L/2001/18 du 23 octobre 2001** relative à la Réforme des entreprises publiques et le désengagement de l'État. Cette loi facilite l'ouverture à la concurrence et la privatisation dans divers secteurs économiques dans le pays ;
- ✓ **Loi L/93/039/CTRN du 13 septembre 1993** : Cette loi régleme la production, le transport et la distribution de l'énergie en Guinée. Elle définit les modalités d'organisation et de fonctionnement des activités y afférentes ;



Conception et dimensionnement de systèmes photovoltaïques pour l'irrigation agricole dans les zones rurales de Guinée. Cas de la Plaine de Danini, dans le District de Kiffaya

- ✓ **Loi L/98/012 du 1er juin 1998 aussi appelée Loi BOT (Build-Operate-Transfer)** : Cette loi établit le cadre juridique pour le financement, la construction, l'exploitation, l'entretien et le transfert des infrastructures de production d'énergie développées par des opérateurs privés. Cette loi, bien qu'elle concerne principalement l'énergie hydroélectricité et thermique, elle permet aux opérateurs privés de financer les infrastructures et de les exploiter pendant une durée déterminée avant de les transférer à l'Etat Guinéen ;
- ✓ **Loi L/2001/18 du 23 octobre 2001** : cette loi vise la réforme des entreprises publiques Guinéennes, les modalités de privatisation de ces entreprises. Elle encadre les modalités de retrait de l'État des entreprises publiques et facilite la cession d'actifs et la transformation des entreprises publiques en entités privées ou semi-privées.
- ✓ **Loi L/2019/0034/AN du 4 juillet 2019 – cette loi relative à la protection de l'environnement** en Guinée intègre des dispositions qui concernent les énergies renouvelables, notamment en encourageant leur utilisation pour réduire l'impact environnemental des activités humaines.
- ✓ **Décret D/2019/100/PRG/SGG du 26 mars 2019 portant création, attributions et organisation du Ministère de l'Énergie** : Ce décret définit les missions du Ministère de l'Énergie, notamment en matière de conception, d'élaboration et de mise en œuvre des politiques et stratégies du gouvernement dans le domaine de l'énergie. Il précise également les structures rattachées au ministère, telles que l'Agence Guinéenne d'Électrification Rurale (AGER) ;
- ✓ **Décret D/2018/307/PRG/SGG du 7 décembre 2018 – Attributions et organisation du Ministère de l'Économie et des Finances** : Ce décret établit les attributions du Ministère de l'Économie et des Finances, qui joue un rôle clé dans le financement des projets énergétiques, y compris ceux liés aux énergies renouvelables ;
- ✓ **Loi sur les énergies renouvelables (en cours d'élaboration)** : il n'y a pas encore en Guinée une loi dédiée aux énergies renouvelables mais des initiatives sont en cours pour élaborer des textes qui encadrent le développement, la production et l'utilisation des énergies renouvelables ;

3.4.2. Contraintes réglementaires

Plusieurs contraintes freinent le développement des énergies renouvelables en Guinée :

- ✓ Lourdeur administratives, procédures centralisées à Conakry,
- ✓ Autoproduction et revente d'énergie : l'autoproduction d'énergie est autorisée mais la revente du surplus de la production n'est pas précisée dans les textes actuels en vigueur ce qui dissuade les opérateurs privés.
- ✓ Marché guinéen est inondé de produits de mauvaises qualités dû l'absence des normes contraignantes sur les équipements solaires (panneaux, nodulaires, batteries, etc)

3.5. Potentiel énergétique du pays

Le système énergétique actuel de la Guinée repose essentiellement sur trois sources

- Hydroélectricité : La Guinée possède un potentiel immense en énergie renouvelable encore largement sous exploité (87%) soit 770MW installée en hydroélectricité contre 6000MW de potentiel disponible. En 2023, la production annuelle d'électricité en Guinée était de 3759 GWh¹ dont 88% provient de l'hydroélectricité et le reste provient des sources thermiques (énergie fossile),
- La biomasse traditionnelle (bois, charbon de bois),
- Les produits pétroliers importés, et

¹ Rapport annuel EGD 2023

- Energie solaire : aucune puissance crête installée en solaire alors que pays dispose d'une irradiation moyenne globale de 4.5 à 6kwh/m² jour.

Le potentiel énergétique Guinéen représente une opportunité de développement énergétique durable pour le Pays (électrification rurale, hydroélectricité, réduction de la dépendance aux énergies fossiles) avec une répartition géographique et une disponibilité saisonnière très variée selon les régions du Pays. Parmi ce potentiel, nous citons : le solaire, l'éolien, la biomasse, l'hydraulique.

3.5.1. Potentiel solaire et éolien

Tout au long de l'année, la guinée bénéficie d'un ensoleillement important allant de 4.5 à 6.0Kwh/m²/jour comme le montre la carte ci-dessous issue des données solargis. Les régions de moyenne Guinée (Labé, Mamou) et de la haute Guinée (Siguiri, Kankan) enregistrent les meilleurs niveaux d'ensoleillement et sont favorables à la production solaire.

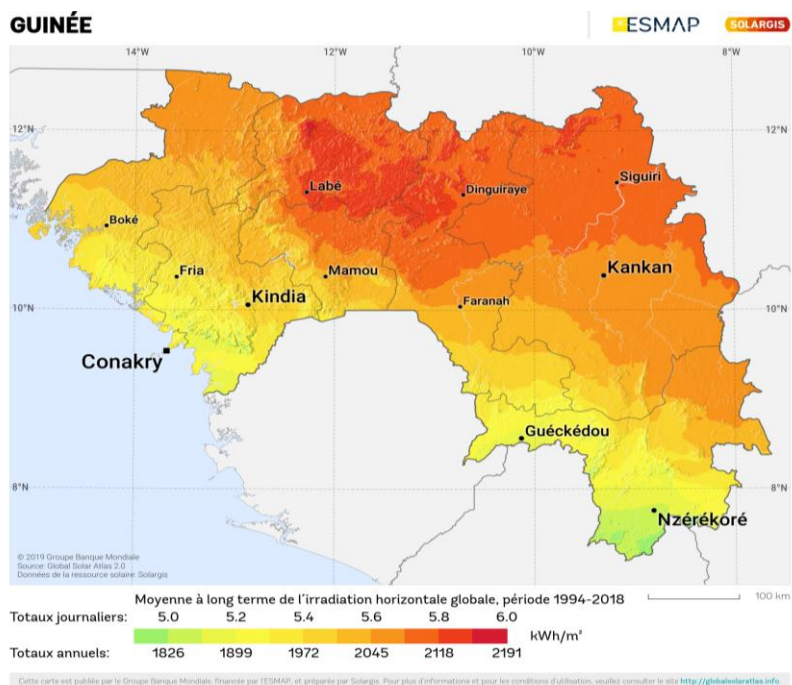


Figure 1: Irradiation globale horizontale de la Guinée vue dans Solargis

Les températures des régions de la Guinée sont influencées par le vent et les précipitations. Le pic des températures est observé en mars et avril allant jusqu'à (31 degrés) alors que les plus basses sont observées en décembre (22 degrés). Quant aux vents, la direction dominante est d'est en ouest en saison sèche (l'harmattan) et d'ouest en est pendant l'hivernage (la mousson).

Le tableau ci-dessous montre un potentiel éolien très faible pour une installable publique comparée au potentiel solaire. Les vitesses de vents observés sont très faibles même pour des éoliens domestiques sauf dans la région de la moyenne Guinée.



Tableau 1: Potentiel éolien des régions de la Guinée

Région	Irradiation moyenne horizontale (kWh/m ² /jour)	Durée moyenne d'ensoleillement (heures/jour)	Vitesse moyenne du vent (m/s)	Température moyenne (°C)	Commentaires
Basse Guinée	5.2	9,7	< 3	26,5	Faible irradiation en saison des pluies
Moyenne Guinée	6	9	4	24	Très bon potentiel, ensoleillement stable
Haute Guinée	5,8	9	3	27	Bon potentiel, forte saison sèche
Guinée Forestière	4,8	8	< 2,5	25	Moyenne irradiation, forte humidité

3.5.2. Potentiel de la biomasse

La biomasse traditionnelle est la principale source d'énergie primaire utilisée en Guinée pour répondre aux besoins domestique des populations pour la cuisson 77% de la consommation totale. Cette énergie constituée principalement du bois de chauffe, du charbon de bois est la plus utilisée par la population (84% de la population) particulièrement en zone rurale et péri urbaine². Une des caractéristiques du secteur des énergies traditionnelles est qu'il n'y a pas eu d'intervention de l'Etat Guinéen bien que deux ministères soient concernés par ce secteur :

- ✓ Le Ministère de l'agriculture dont la priorité est « de préserver les bassins versants (lutte contre les érosions des sols, les feux de brousse et le déboisement). Pour ce Ministère, l'offre de bois et le charbon de bois n'on jusqu'à présent pas été intégré spécifiquement dans ses interventions.
- ✓ Le Ministère de l'hydraulique et de l'Energie dont la stratégie adoptée concerne la restructuration des énergies conventionnelles (structure de gestion, d'opération et le développement d'environnement propice aux investissements privés). Il n'a pas été tenu compte des énergies traditionnelles.

La biomasse issue des résidus agricoles (tiges de maïs et de mil, de balle de riz, coque d'arachide et de café, son de riz, résidus d'extraction d'huile de palme, résidus issus des scieries de bois peuvent être valorisés en briquettes (combustibles pour la cuisson) et autres sources d'énergie comme le charbon vert (biomasse carbonisée par pyrolyse et les biocarburants (résidus de palme ou d'arachide).

3.5.3. Potentiel hydraulique

Le réseau hydrographique guinéen trouve son origine dans les massifs du fouta djallon et de la dorsale guinéenne en région forestière. Il compte plusieurs centaines de cours d'eau faisant du pays le château d'eau de l'Afrique de l'ouest. La Guinée dispose d'un potentiel hydroélectrique estimé à plus de 6 000 MW, réparti sur de nombreux cours d'eau à fort débit tels que le fleuve Konkouré, le Bafing, le Niger, le Milo, ou encore le Tinkisso. Ce potentiel reste encore largement sous-exploité.

L'exploitation rationnelle de ce potentiel hydraulique permettrait à la Guinée non seulement de satisfaire ses besoins énergétiques internes mais aussi d'exporter l'électricité vers les pays voisins, contribuant ainsi à l'intégration énergétique régionale.

² <https://au-afrec.org/guinea>

3.5.4. Puissance électrique installée

La Guinée dispose d'une puissance électrique installée estimée à environ **1 250 MW**, dont une part importante provient de l'hydroélectricité.

Tableau 2: Puissance électrique installée

Catégorie	Unité	Année 2023
Hydraulique appartenant à EDG	MW	80,1
Thermique appartenant à EDG	MW	201,7
Hydraulique Producteurs Indépendants	MW	690
Thermique Producteurs Indépendants	MW	281,3
Total		1 253,10

Source : Rapport annuel 2023 – EDG-SA

Le réseau électrique national repose sur trois principales sources de production :

- Hydraulique : Grâce aux barrages de Kaléta (240 MW), Souapiti (550 MW), Garafiri (75 MW), et d'autres petites centrales comme Tinkisso à Dabola, Kinkon à Pita, Loffa à Macenta, Samankou à Labé et les grandes chutes de Kindia
- Thermique : Les centrales thermiques (diesel), situées notamment à Conakry, permettent de compenser les déficits hydrauliques, notamment en saison sèche ;
- Énergies renouvelables (hors hydro) : Le solaire reste marginal mais en cours de développement avec des projets comme Khoumagueli (40 MW), Kamsar (41 MW), et Kankan (20 MW), ou d'annonce.
- Les zones rurales dépendent surtout :
 - Des microcentrales hydroélectriques locales (ex : Samankou, Loffa) ;
 - De mini-réseaux solaires ou de groupes électrogènes communautaires.

La carte ci-dessous illustre les centrales en cours d'exploitation et celles qui sont en développement.

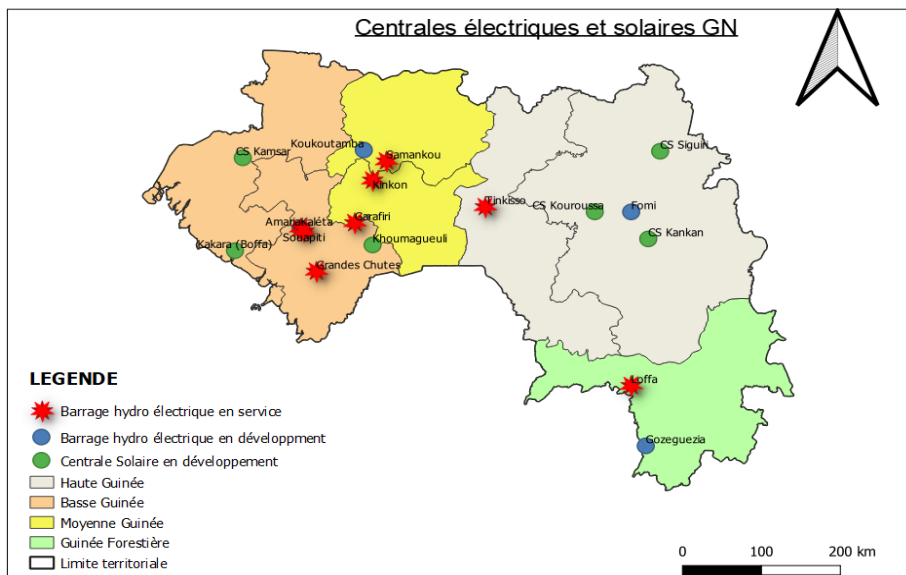


Figure 2: centrales en cours d'exploitation et en développement.

3.5.5. Atouts de la Guinée pour le développement du solaire

Pour un développement réussi de la production de l'énergie solaire, la Guinée a des atouts grâce aux avantages naturels, un marché en pleine expansion et des acteurs engagés.

D'une part, la nature offre à la Guinée des conditions naturelles favorables au développement de l'énergie solaire ; les ressources naturelles sont abondantes (ensoleillement³ de 4.8 à 6kwh/m² et une disponibilité foncière), les besoins énergétiques croissants. D'autre part, le gouvernement guinéen a une volonté politique, appuyée par son cadre politique, institutionnel et législatif pour promouvoir les énergies renouvelables. Plusieurs partenaires et acteurs privés sont déjà engagés dans le développement des énergies solaire en Guinée surtout en zone rurale. Plusieurs projets sont en cours de réalisation⁴, des coopératives et projets de développement agricole adoptent le solaire pour l'irrigation.

CHAPITRE 4: Étude de cas : Projet d'irrigation solaire dans le district de Kiffaya

4.1. Présentation de la zone d'étude : Kiffaya

4.1.1. Localisation géographique et caractéristiques socio-économiques

Le district de Kiffaya est dans la sous-préfecture de Guingan (voir carte ci-contre), Préfecture de Koundara dans la région de la basse Guinée. Le climat de la Zone est tropical de type soudanien et se caractérise par l'alternance de deux saisons très contrastées :

(i) une saison sèche de novembre à mai, influencée par les vents secs d'harmattan de direction Nord-Est / Sud-ouest et

(ii) une saison des pluies (ou hivernage) de juin à octobre, influencée par les vents de la mousson.



Figure 3: localisation de la zone d'étude

Les populations dans leur ensemble s'adonnent presque toutes à l'agriculture, l'élevage, la pêche, l'artisanat, le commerce, etc. La culture du fonio vient en première place en termes de surface cultivée (31% des surfaces mises en valeur) presque à égalité avec le riz (28%). Le podium est complété par le maïs (22%). Même si l'agriculture constitue souvent la principale activité, elle reste largement tournée vers l'autoconsommation. Les cultures maraîchères quant à elles, apparaissent comme des productions marginales malgré le fort potentiel de cette zone et des besoins en produits maraîchers de plus en plus croissants sur le marché. Fort de ce constat, la population de Kiffaya initie l'exploitation de la petite plaine de DANINI en aménageant la plaine et en y cultivant des cultures de contre saison (après la récolte du riz pluvial).

4.1.2. Analyse des ressources climatiques locales

Située à 3km du district de Kiffaya près de la route nationale N°5 qui relie Labé-Koundara-Sénégal, la petite plaine de Danini fait une superficie de 2,5 ha et est arrosée par un cours d'eau permanent du même nom. Les données climatiques relevées sont consignées dans les tableaux ci-dessous. Pour plus d'informations, voir l'annexe 1.

³ GIZ & Ministère de l'Énergie - "Atlas du potentiel solaire en Guinée", 2021.

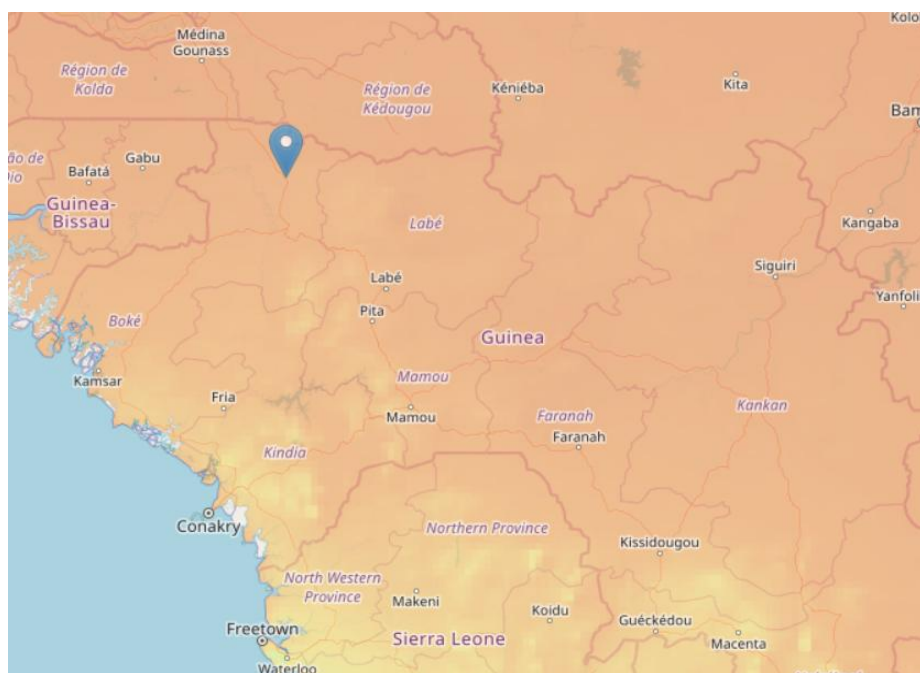
⁴ EDG / Ministère de l'Énergie- Rapport annuel de suivi des projets, 2023

Tableau 3: Données climatiques mensuelles

Mois	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Moy
Temp Min°C	15,3	18,1	21,3	23,5	24,1	22,9	22,1	22,1	21,4	21,8	19,3	14,4	20,5
Temp Max°C	35	37,6	39,4	40,4	39,1	34,6	32	31,1	31,8	33,3	34,2	34,4	35,2
Humidité %	38,3	34,3	35,9	41,3	53,5	67,2	79,6	82,6	81,5	80,1	70,4	53,1	59,8
Vent m/s	2,5	2,8	2,3	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,7	1,9	2,2	2
Durée moy. insolation (h)	8,7	9,2	9,8	9,9	9,3	7,4	6,5	5,7	6,1	7,2	8,4	8,7	8,1

Source : traitement des données climatiques fournies par la DN de la météorologie (période 1981-2014)

Le site d'étude nommé plaine de DANINI a pour coordonnées : longitude 13.087763° ouest, latitude : 12.203884° nord

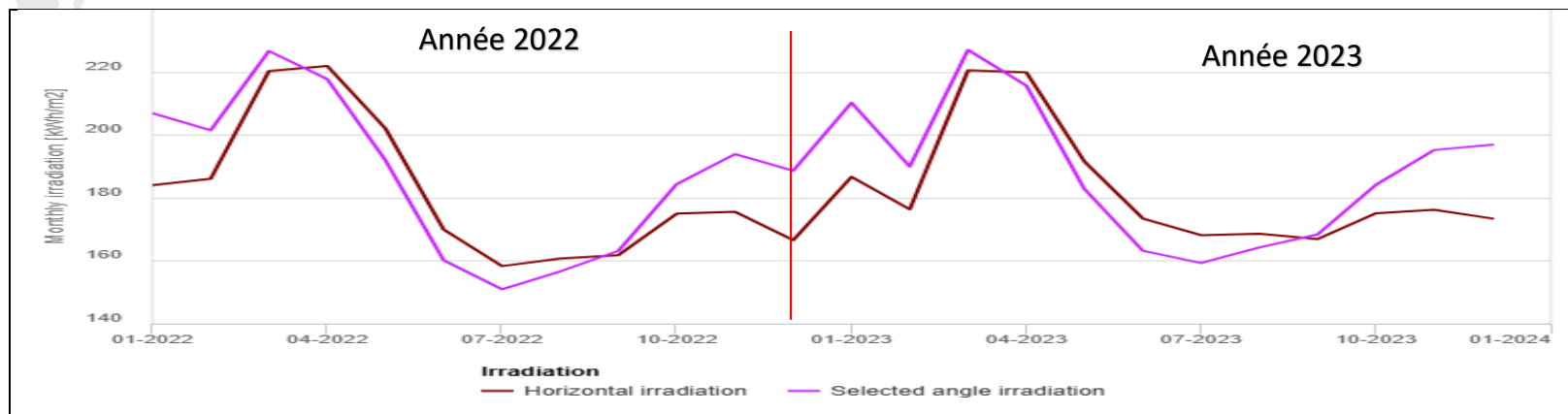


Source / PVGIS SARA3 version 5.3 année 2023

Figure 4 : localisation du site d'Etudes [Lat/Lon] : 12.204°,-13.088°

À partir de l'outil en ligne PVGIS, les données d'irradiation globale ainsi que celles correspondant à un angle d'inclinaison de 12° pour le site de Danini ont été extraites de la base de données PVGIS-SARA3 pour les années 2022 et 2023, qui sont les plus récentes disponibles sur cette plateforme. L'analyse montre que les valeurs d'irradiation globale du site, ainsi que celles associées à l'angle d'inclinaison des panneaux (12°), sont plus faibles au mois de février, puis sur la période allant de juin à décembre, comme l'illustre la figure 5 ci-après.

Étant donné que la période culturale du maraîchage s'étend de décembre de l'année N-1 à avril de l'année N, une valeur d'irradiation de 6 kWh/m²/jour, correspondant au mois de décembre, considéré comme le mois le moins ensoleillé de cette période, sera retenue pour les calculs



		ANNEE 2022												ANNEE 2023											
Mois	unités	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Nombre de jours du mois	jours	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Irradiation mensuelle globale horizontale	(Kwh/m²)	184	186	220.2	221.9	202	169.9	158.3	160.7	161.7	175	175.5	166.6	186.6	176.3	220.4	219.8	191.5	173.4	164.1	168.6	166.9	175.1	176.1	173.2
	(Kwh/m²/jour)	5.9	6.6	7.1	7.4	6.5	5.7	5.1	5.2	5.4	5.6	5.9	5.4	6.0	6.3	7.1	7.3	6.2	5.8	5.3	5.4	5.6	5.6	5.9	5.6
Irradiation mensuelle à l'angle d'inclinaison de 12°	(Kwh/m²)	206.9	201.4	226.6	217.7	191.9	160.1	150.9	156.6	163.1	184.3	193.9	188.6	210.2	189.9	226.9	215.6	182.7	163.2	159.3	164.3	168.3	184.1	195.2	196.8
	(Kwh/m²/jour)	6.7	7.2	7.3	7.3	6.2	5.3	4.9	5.1	5.4	5.9	6.5	6.1	6.8	6.8	7.3	7.2	5.9	5.4	5.1	5.3	5.6	5.9	6.5	6.3

Figure 5 : Irradiation solaire mensuelle du site DANINI (source : PVGIS-SARAH3, année 2023)



4.2. Conception et dimensionnement du système.

La méthode de dimensionnement utilisée est basée sur l'analyse de plusieurs paramètres :

- Analyse de la ressource en eau disponible pour l'irrigation en saison sèche,
- Le choix de la technologie de l'irrigation en saison sèche
- Le dimensionnement de l'installation en se basant sur la technologie retenue

4.2.1. Analyse des ressources en eau et calculs des besoins en eau pour l'irrigation de contre saison

Besoins en eau des cultures

Dans la zone d'étude, la saison de pluie commence en mai et se termine en octobre. Par conséquent la période culturale et les besoins en eau calculés sont repris dans le tableau ci-dessous. Pour plus de détail, voir l'annexe 2.

Tableau 4: Besoins en eau des cultures

Culture/mois	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc	Janv.	Févr.	Mars	Avril
	Saison pluvieuse						Saison sèche					
Riz irrigué		Récolte										
Contre saison								Cultures maraichères				
Besoin Brut en eau des cultures (mm)	Période des cultures pluviales							0	238,26	265,66	339,86	43
Besoin Brut en eau des cultures (m3/ha)								0	2383	2657	3399	430
Besoins journalier m3/jour/ha									79	89	113	14
Besoins moyens m3/ha								74				
Temps d'arrosage journalier (heure)								4	4	4	4	4
Q journalier (m3/h/ha)								0	20	22	28	4
Q max (m3/jour) pour les 2,5ha									198,58	221,42	283,25	35,83
Qmax horaire (m3/h/ha)								28				

Evaluation de la ressource en eau disponible

L'évaluation de la ressource en eau disponible en saison sèche a été faite du 26 au 31 mai 2025 suivi d'une enquête terrain dans la même période. L'enquête auprès de la population a révélé que le cours d'eau est permanent et que la lame d'eau dans le cours d'eau en fin de saison sèche est de l'ordre de 30-50cm. La lame d'eau moyenne mesurée⁵ pendant l'enquête est de 60cm ce qui correspond à un débit d'étiage de plus de 2m³/seconde tandis que pour une lame d'eau de 50cm, le débit sera : $Q_{\text{étiage}} = 1.6 \text{ m}^3/\text{s}$ ce qui est largement supérieur aux besoins en eau calculés. Pour plus de détail dans les calculs, voir l'annexe 3.

4.2.2. Choix des technologies de pompage

Type d'aménagement

La plaine de DANINI est aménagée pour les cultures pluviales. Cet aménagement consiste à réaliser une série de diguettes en courbes de niveau. Les diguettes suivant les courbes de niveau permettent la création de réserve d'eau sans pour autant inonder trop le riz lors des passages de crues grâce à des vannes de vidanges incorporées dans les diguettes. L'aménagement additionnel selon les tdrs consiste à pratiquer dans la même plaine, des cultures de contre saison (maraichage) tout en réduisant la corvée des paysannes (arrosage manuel). Pour répondre à ce besoin, nous préconisons un système de pompage d'eau dans le

⁵ La mesure est effectuée sur 4 sections différentes dans le cours d'eau



cours d'eau pour la délivrer au point haut de la plaine afin d'alimenter gravitairement les cultures. Les travaux à mener sont :

- Réaliser deux stations de pompage solaire pour alimenter les deux parties (nord et sud) de la plaine séparée par le cours d'eau. La partie nord fait 1.6ha et la partie sud fait 0.9ha (voir annexe 4);
- Fournir et poser des tuyaux PVC PN10 sur lesquels seront fixées des bornes d'arrosage débitant chacune 1.2L/s ;

Réseau d'irrigation

Le réseau d'irrigation sera composé de tuyaux PVC PN10 qui relient la station de pompage et les casiers agricoles à irriguer comme le montre le schéma ci-dessous. Pour plus de détails, voir l'[annexe4 dimensionnement hydraulique](#).

Types de pompes adaptées (immergées, de surface).

Le cours d'eau étant permanent et encaissé par rapport aux parties de la plaine à alimenter, nous optons pour des pompes de surface alimentées par des panneaux solaires. Pour cela, il faudra réaliser deux stations de pompage solaire, chaque station va alimenter une zone de la plaine. Les débits nécessaires pour satisfaire les besoins en eau des cultures sont 7L/s pour la plaine sud et 13L/s pour la plaine nord soit respectivement 25.2m³/h (100.8m³/jour) et 46.8m³/h (187.2m³/jour).

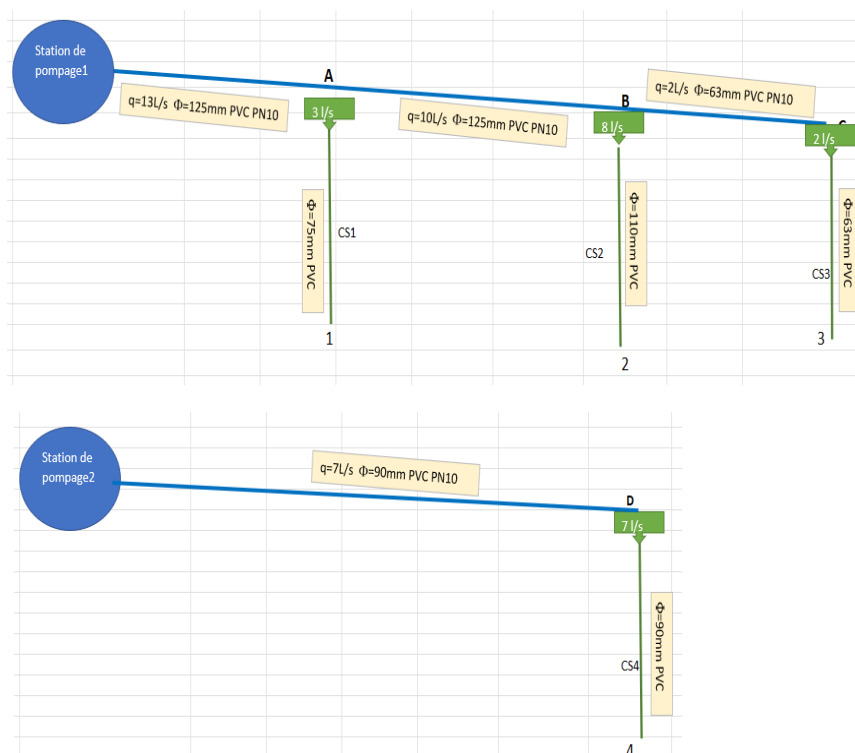


Figure 6: Schéma du réseau d'irrigation



La pompe retenue est de marque Lorentz (voir note de calculs dans l'annexe 4)

Tableau 5: Caractéristiques des pompes retenues

Station de pompage	Débit (m3/h)	Hmt (m)	Nombre de pompe	Type de pompe	Marque de la pompe	Modèle de pompe NB : pour plus de détails sur le choix de la pompe, voir, Annexe4, P44 - 45	Puissance nominale	Puissance nécessaire pour le pompage d'eau	Contrôleur Lorentz
n°1	46.8	12	1	Pompe de surface	Lorentz	PS2-4000 CS-F42 10-1	4Kw	2.525 Kw	PS2-4000 Efficacité : 98%
n°2	25.2	12	1	Pompe de surface	Lorentz	PS2-4000 CS-F42 10-1	4Kw	1.3 Kw	PS2-4000 Efficacité : 98%

Données techniques

Contrôleur PS2-4000

- Commande et surveillance
- Entrées de commande pour protection contre le fonctionnement à sec, commande à distance, etc.
- Protection contre inversion de polarité, surcharge et surchauffe
- MPPT (Maximum Power Point Tracking) intégré
- Integrated Sun Sensor

Puissance max. 4,0 kW
Tension d'entrée max. 375 V
Optimal Vmp** > 238 V
Intensité du moteur max. 14 A
Efficacité max. 98 %
Temp. ambiante -40...50 °C
Classe de protection IP68

Moteur ECDRIVE 4000 CS.F

- Entretien minimal, moteur DC sans balais
- Matériel de haute qualité, acier inoxydable: AL/AISI 304

Puissance nominale 4,0 kW
Efficacité max. 92 %
Vitesse du moteur 900...3 300 rpm
Classe d'isolation F
Classe de protection IPX4

Extrémité de la pompe PE CS-F42-10-1

- Matériel de haute qualité
- Centrifugal pump

Efficacité max. 74 %





4.2.3. Dimensionnement de l'installation solaire

Le dimensionnement de l'installation de pompage solaire destiné à l'irrigation doit être réalisé pour satisfaire les besoins en eau des cultures. Pour ce faire, plusieurs paramètres doivent être pris en compte.

- Les besoins maximums en eau par jour correspondant à la quantité d'eau nécessaire pour irriguer les cultures en période de pointe. Ce besoin est estimé en tenant compte des paramètres climatiques (évapotranspiration) et du type de culture ;
- La hauteur manométrique totale calculée (12m dans ce cas d'étude) ;
- L'ensoleillement quotidien en tenant compte du mois le moins ensoleillé estimé ici à $6\text{kWh/m}^2/\text{j}$ pour une durée moyenne d'ensoleillement 8.7heures par jour dont 5heures d'ensoleillement maximum dans ce cas d'étude (de 10 heures d'avant midi à 15 heures de l'après-midi).
- Le type de panneaux à installer et de leur caractéristique. Sur le marché en Guinée, on trouve des plusieurs types de panneaux solaires, dont : les puissances vont de 150Wc à 360Wc en monocristallin. Pour le cas de notre étude, nous retenons des panneaux monocristallins de 360WC.

Pour plus de détail sur le dimensionnement et note de calculs, se référer à l'annexe 5

✚ Calcul de l'énergie électrique journalière de l'installation de pompage (E_{inst})

$$E_{\text{inst}} (\text{KWh par jour}) = \frac{\text{Puissance de la pome} * \text{Temps de pompage}}{\text{Rendement du contrôleur de pompe}}$$

✚ Calcul de la puissance du générateur photovoltaïque

$$P_c (\text{Wc}) = \frac{E_{\text{inst}} (\text{wh})}{I_r * K}$$

Avec I_r = Irradiation solaire en $\text{Kwh/m}^2/\text{jour}$ et K = coefficient de productivité

✚ Détermination du nombre de panneau nécessaire pour l'installation

- ✓ Nombre total des Panneaux à installer (N) dépend de la puissance du champ photovoltaïque et de la capacité du type de panneaux solaires retenus.

$$N = \frac{P_c (\text{en Wc})}{\text{Puissance unitaire d'un panneau PV}}$$

- ✓ Nombre de panneaux en série (N_s). Le nombre de panneaux à monter en série (N_s) est calculé de sorte que la tension de court-circuit de la branche ne doit pas dépasser la tension d'entrée du contrôleur. $238 < N_s \times V_{oc} < 375$
- ✓ Nombre de branches parallèle (N_p). Le nombre de panneaux à monter en parallèle (N_p) est calculé de sorte que l'intensité de court-circuit l'installation ne doit pas dépasser la tension d'entrée du contrôleur. $N_p \times I_{sc} < I_{\text{max du contrôleur}}$.

✚ Dimensionnement des équipements de protection du champ photovoltaïque

La protection du champ photovoltaïque sera réalisée en plaçant des fusibles de protection à la sortie de chaque branches parallèle (string) et également à la sortie de l'ensemble des strings vers le contrôleur de pompe. Le choix de ces fusibles prend en compte de la tension et de l'intensité de fonctionnement du système.

○ **Batteries de stockage d'énergie**

Le dimensionnement des batteries de stockage d'énergie n'est nécessaire que si on a besoin de stocker de l'eau pour une utilisation nocturne ou en l'absence d'ensoleillement. Dans le cadre de cette étude, la ressource en eau est suffisante, l'irrigation se fait quotidiennement en journée. Par conséquent, nous n'avons pas besoins de stockage d'énergie, le pompage se fera au fil du soleil.

○ **Fusible de protection des branches :**

Tension assignée au fusible U_f doit être supérieur à 1.15 fois la tension de court-circuit d'une branche U_{oc} et son intensité se situe entre 1.5 et 2 fois le courant de court-circuit (I_{cc}).

○ **Fusible de protection générale :**

La Tension U_{f2} à assigner au fusible de protection générale doit être 1.15 fois plus grande que la tension aux bornes du système installé et son intensité doit se situer entre 1.5 et 2 fois de court-circuit du système installé.

○ **Interrupteur sectionneur**

Pour permettre les opérations de maintenance du système installé en toute sécurité, un interrupteur sectionneur sera dimensionné et installé. Ses caractéristiques techniques doivent répondre aux conditions suivantes :

○ **Protection anti foudre :**

Le parafoudre sera choisi en fonction de la tension à vide du système dans les conditions standard de température des cellules. La tension à assigner doit être :

✚ **Détermination de la section des câbles électrique.**

La section des câbles se détermine par la relation : $\Delta U = R * I$; avec $R = \rho * 2L/S$

Alors, $\Delta U = \rho * 2L/S * I$; d'où :

$$S(\text{mm}^2) = \frac{\rho * I * 2L}{\Delta U * U}$$

- ✓ ΔU = représente la chute de tension entre les panneaux et le contrôleur de la pompe. Cette chute ne doit pas dépasser 3% de la tension du système installé et pour une longueur de 10m
- ✓ U est la Tension à puissance maximale du générateur PV obtenu dans les conditions (STC)
- ✓ L = longueur des câbles
- ✓ ρ = est la résistivité du conducteur (0.017 $\Omega/\text{mm}^2/\text{m}$ ici les câbles sont en cuivre)
- ✓ I est le courant à puissance maximale du système installée (I_{cc} pour les panneaux en série et $I_{cc} * \text{Nombre de branche parallèle jusqu'au contrôleur}$)

Tableau 6: Sections standards des câbles électriques

Section des câbles (mm ²)	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95
Courant maximum (A)	13	21	28	36	46	61	81	99	125	160	195



Surface théorique nécessaire pour l'installation des panneaux s'obtient par la formule

Pour déterminer la surface minimale nécessaire pour sécuriser le générateur photovoltaïque, nous optons pour une surface 20m² pour chaque kilowatt crête du champs PV. Pour plus de détails sur les panneaux et le plan de pose de l'installation, voir page 27.

$$S \text{ (m}^2\text{)} = P_c(\text{kWc}) \times 20$$

Pour Danini Nord : $S \text{ (m}^2\text{)} = P_c \text{ (kWc)} \times 20 = 3.400 \times 20 = 68\text{m}^2$

Pour Danini Sud : $S \text{ (m}^2\text{)} = P_c \text{ (kWc)} \times 20 = 3.694 \times 20 = 74\text{m}^2$

On retiendra une surface de 100m² (10m sur 10m) permettant l'installation des ouvrage annexes dont le local technique.

Dimensionnement des supports des panneaux

Pour dimensionner les supports des panneaux, nous avons retenu les hypothèses suivantes :

▪ Le site d'installation du système se caractérise par :

- Coordonnée géographique :
- Longitude ouest : 13.0888°
- Latitude nord : 12.2040°
- Vitesse du vent : 2.5m/s en janvier et février

▪ Hypothèses de calculs :

- Tous les panneaux seront orientés en plein sud
- Angle d'inclinaison des panneaux : 12°
- Nombre de panneaux solaires de 1980mmx100mcm à installer : 7
- Les panneaux solaires ont 23kg chacun et 360Wc
- Type d'installation : au sol sur une structure métallique posée sur des plots en béton ;
- Structure métallique : acier galvanisé
- Nombre de pieds : 8 dont 4 pieds courts à l'avant et 4 pieds à l'arrière
- Hauteur des pieds courts : 1.15m
- Hauteur des plots en béton : 50cm enterrés et 30cm hors sol.

Pour les calculs de la force du vent, nous choisissons une vitesse de vent extrême trois (3) fois plus puissante que le vent dans le site. Soit $V = 3 \times 2.5 = 7.5\text{m/s}$

Les résultats des calculs montrent les plots de 20cm x 20cm x 80cm assurent bien la stabilité de la structure. En effet, la force d'arrachement dû au vent extrême ($F = 574.20\text{Newtons}$) est largement inférieure) à :

- ✓ la résistance au soulèvement de la structure de **9 041 N > F**
- ✓ la résistance à l'arrachement de la structure de **120 kN > F**
- ✓ et que le moment résistant au basculement de l'installation (2 945Nm) est bien supérieur au moment de renversement calculé (781 Nm).

Ces résultats montrent que la structure ainsi dimensionnée résistera bien aux effets d'un vent extrême de 7.5m/s.



Conception et dimensionnement de systèmes photovoltaïques pour l'irrigation agricole dans les zones rurales de Guinée. Cas de la Plaine de Danini, dans le District de Kiffaya

Pour plus d'information sur ce dimensionnement se référer à l'annexe 5 (dimensionnement des supports).

4.2.4. Résultat de dimensionnement du champ photovoltaïque

Tableau 7: Station de pompage et réseau de canalisation

	Désignations	Unité	Danini Nord	Danini Sud	Total général (m)	Total général (tuyau)
			Quantité	Quantité		
	Pompe de surface Lorentz PS2-4000 CS-F42 10-1 y compris son contrôleur	Pièce	01	01	2	N/A
	Tuyau PVC PN10 DE63,	m	210	0	210	35
	Tuyau PVC PN10 DE75	m	107	0	107	18
	Tuyau PVC PN10 DE90	m	0	231	231	39
	Tuyau PVC PN10 DE110	m	138	0	138	23
	Tuyau PVC PN10 DE 125	m	95	0	95	16

Tableau 8: Champ photovoltaïque

	Désignations	Unité	Danini Nord	Danini Sud	Total général
1	Panneaux de 23kg et de 360Wc	U	7	7	14
2	Plots de 20cm x20cm x80cm en béton	U	8	8	16
3	Structure métallique (support des panneaux) en tube acier galvanisé de 40x40x2mm	Ensemble	1	1	2
4	Cable électrique souple 2*1.5mm²	m	30	30	60
5	Cable électrique souple 3*4mm²	m	150	150	300
6	Cable de mise à la terre 1*16mm²	m	30	30	60
7	Surface minimale de la clôture du champs PV	m²	100	100	200

Tableau 9: Equipement de protection du champs PV

		Valeur mini calculée	Valeur maxi calculée	Spécification équipement Retenu pour chaque site	Nombre
Calibre des fusibles de protection des branches	Tension assignée (Volt)	381,57		Fusible gPV 16A 1000 VDC	2
	Intensité (A)	15,36	20,48 A		
Calibre des fusibles de protection générale	Tension assignée (Volt)	381,57		Fusible gPV 16A 1000 VDC	2
	Intensité (A)	15,36	20,48		
Disjoncteur-Sectionneur	Tension assignée (Volt)	381,57		16A, 1000VDC	2
	Intensité (A)	15,36	16A		
Calibre de la protection anti-foudre (Parafoudre)	Tension assignée (Volt)	381,57		Parafoudre de type2, tension nominale 385VDC classe PV	2
	Intensité (A)				

4.2.4.1. Plan technique de l'installation des équipements

Ce plan montre la forme de la plaine, la position des stations de pompage et les canalisations projetées.

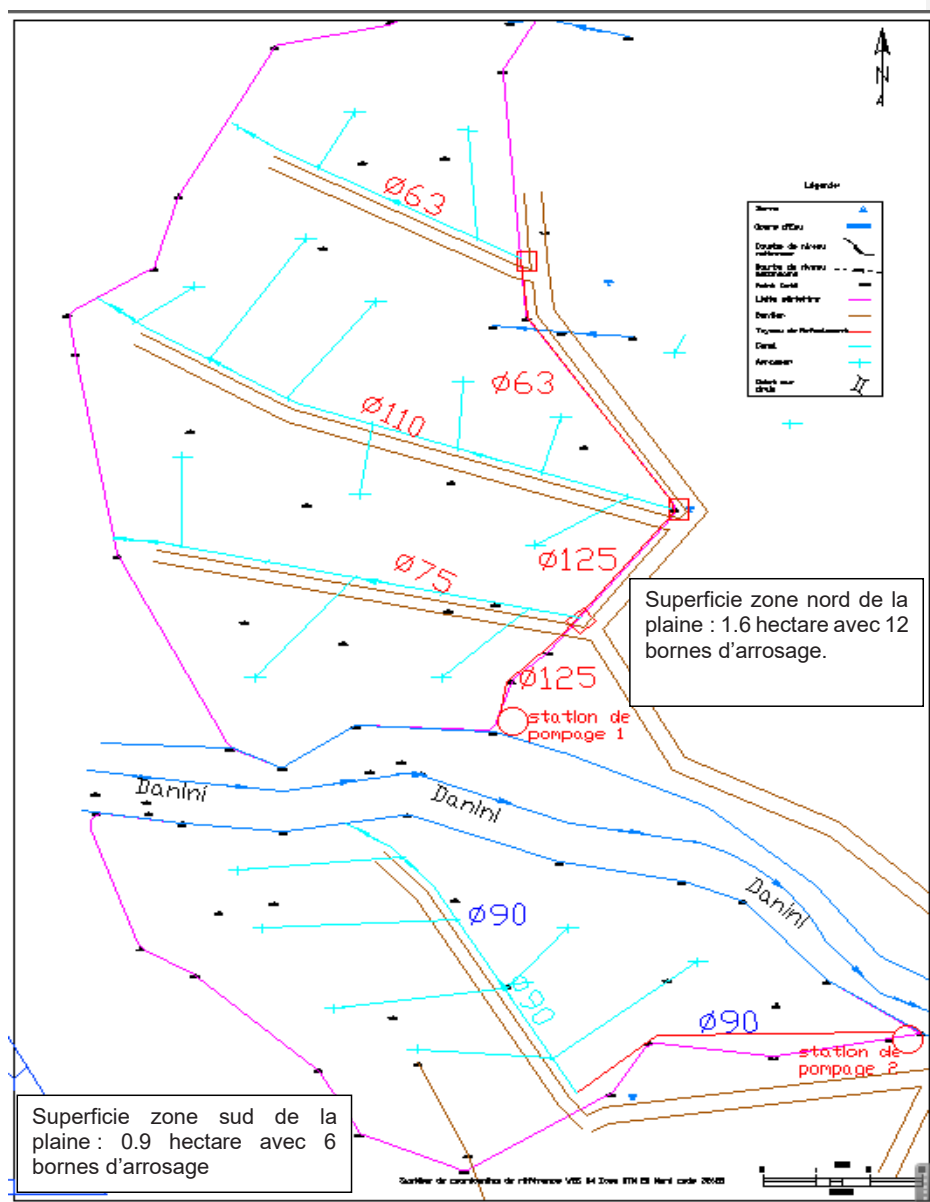


Figure 7: Plan de la plaine et du réseau de conduite en PVC

4.2.4.2. Plans d'installation du champ photovoltaïque

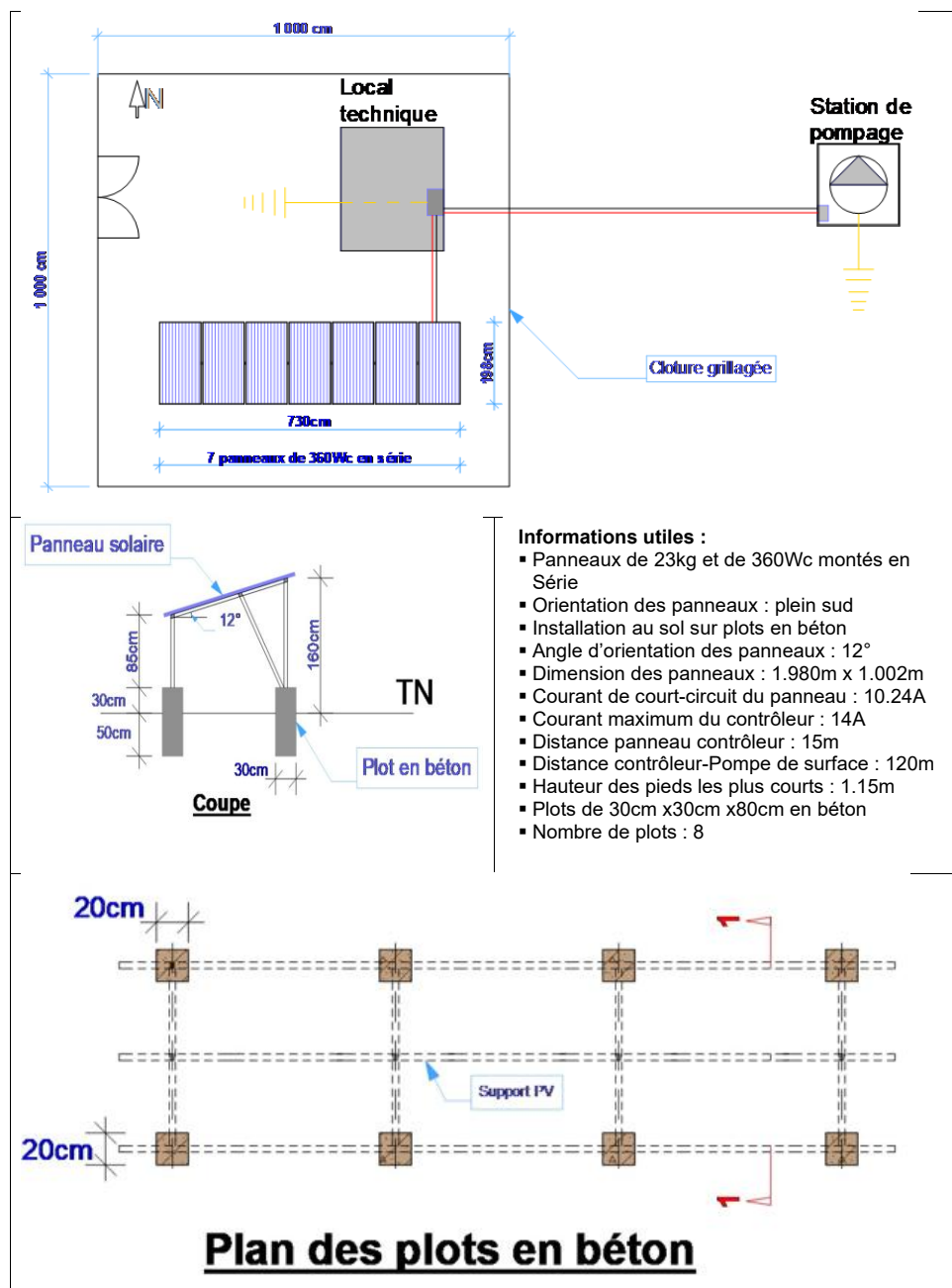


Figure 8: plan d'installation du champ PV



4.3. Plan de maintenance de l'installation

Pour garantir le bon fonctionnement de l'installation, il est proposé un plan de maintenance de l'installation.

- + Maintenance journalière
 - ✓ Vérifier l'absence des ombres sur les panneaux solaires
 - ✓ Vérifier que la pompe fonctionne bien.
- + Maintenance mensuelle
 - ✓ Nettoyer le local technique et les abris des pompes de surface
- + Maintenance trimestrielle
 - ✓ Dépoussiérer les panneaux solaires avec un chiffon doux et humide ou verser de l'eau sur les panneaux à travers un tuyau d'arrosage ;
 - ✓ Vérifier les câbles électriques, le contrôleur de pompe et les équipements de protection
- + Maintenance semestrielle
 - ✓ Contrôler la stabilité des supports (pieds droits et de la structure entière)
 - ✓ Vérifier le débit de la pompe
- + Maintenance annuelle
 - ✓ Vérifier la tension et le courant des panneaux
 - ✓ Vérifier le débit de la pompe

4.4. Étude d'impact social et environnemental

4.4.1. Impacts positifs attendus

Sur le plan environnemental

- ✓ Réduction des émissions des gaz à effet de serre grâce à une source d'énergie ;
- ✓ Absence de pollution et de nuisance sonore due à une utilisation de groupe électrogène ;
- ✓ Pas de d'utilisation de ressources fossiles (absence de pression) ;
- ✓ L'accès à l'eau sécurisé et une utilisation de l'eau optimisée ;
- ✓ Absence de maintenance coûteuse.

Sur le plan social

- ✓ Corvée d'eau réduite pour les paysans (gains de temps et d'efforts) ;
- ✓ Augmentation des produits agricoles sur le marché même en saison sèche ;
- ✓ Augmentation du revenu des paysans (commercialisation des produits) ;
- ✓ Réplication du système dans d'autres villages ou pour d'autres plaines agricoles ;



4.4.2. Risques et effets négatifs potentiels

Risques environnementaux

- ✓ Dépôt important de poussière sur les panneaux qui pourrait réduire la performance des panneaux ;
- ✓ Risque climatiques (foudre, orages, fortes accompagnée des grêles, poussières excessives, etc) ;
- ✓ Déchets électroniques (panneaux endommagés ou en fin de vie) ;

Risques sociaux

- ✓ Le cout d'investissement initial élevé peut freiner la répliquabilité du système,
- ✓ Production d'eau dépendante du soleil
- ✓ Maintenance souvent négligée ;
- ✓ Risque de vol
- ✓ Manque de ressources financières pour remplacer les équipements défectueux,

4.4.3. Mesures d'atténuation

Tableau 10: Mesures d'atténuation des risques

Risques identifiés	Mesures d'atténuation
Dépôt important de poussière sur les panneaux ;	Nettoyage régulier des panneaux avec de l'eau ou un chiffon doux et humide
Risque climatiques (foudre, orages, fortes accompagnée des grêles, poussières excessives, etc) ;	Installation de parafoudre Mise à la terre de toute l'installation (panneau, contrôleur de pompe, pompe)
Déchets électroniques (panneaux endommagés ou en fin de vie) ;	Identifier des partenaires qui recycle des déchets électroniques ;
Le cout d'investissement initial élevé peut freiner la répliquabilité du système,	Mutualiser les ressources entre producteurs ; Recherche de subvention au pire des cas
Production d'eau dépendante du soleil	Réservoir de stockage en période de fort ensoleillement.
Maintenance souvent négligée ;	Formation des bénéficiaires ; Instaurer un système de collecte de fond
Risque de vol	Clôture du site Sensibilisation de la communauté
Manque de ressources financières pour remplacer les équipements défectueux,	Instaurer un système de collecte de fond pour le remplacement des équipements défectueux



4.5. Analyse technico-économique

Dans ce chapitre notre analyse va porter sur une comparaison entre les deux techniques de pompage (pompage solaire qui utilise les panneaux photovoltaïques et le pompage thermique qui utilise une motopompe. La comparaison consiste à évaluer pour chaque technique, le prix du mètre cube d'eau pompée et utilisé dans lors de l'irrigation. Pour arriver à cette fin, nous évaluons successivement :

- ✓ Le coût de l'investissement initial ;
- ✓ Le coût de la maintenance ;
- ✓ Le coût de l'exploitation ;
- ✓ Le coût du renouvellement des équipement sur une durée de 20 ans ;
- ✓ La quantité d'eau produite annuellement en tenant compte de la dégradation de l'installation entraînant une perte de performance. Nous estimons cette dégradation de 5% annuellement ;
- ✓ Nous actualiserons tous ces coûts en tenant compte de la dépréciation de la monnaie. En effet, le taux d'inflation⁶ du pays est de 10.1% en 2020, 9.9% en 2021, 12.6% en 2022, 11% en 2023, 8.1% en 2024 soit une moyenne de 10% ;
- ✓ Enfin nous calculerons le LCOE du mètre cube d'eau pompée par la formule :

$$LCOEm3 = \frac{\sum_{t=1}^{n=20} \frac{C_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{n=20} \frac{V_t}{(1+r)^t}}$$

L'unité du LCOEm³ est le GNF/m³,

Où

- C_t = coût annuel actualisé (maintenance, exploitation et renouvellement compris) ;
- V_t = volume d'eau pompée au courant de l'année
- t = année en cours
- r = taux d'actualisation que nous déterminerons ci-dessous.

⁶ Source :

https://www.google.com/search?q=taux+d%27inflation+du+GNF+depuis+2020+%C3%A0+2024&sca_esv=fc200b82b34deb5&sxsrf=AE3TifO0oWB2HsvAwsojh8-lhXhcVT4Scw%3A1755010599733&ei=J1abaKWeLOSjkdUP-YPV0A8&ved=0ahUKEwjlzf76w4WPAxXkUaQEhffBFfoQ4dUDCBA&uact=5&og=taux+d%27inflation+du+GNF+depuis+2020+%C3%A0+2024&gs_l=Eqxnd3Mtd2l6LXNlcnAiK3RhdXggZCdpbmZsYXRpb24gZHUgR05GIGRlcHVpcyAyMDIwMjQyYkYBQhGKABMgUQIRigATIFECEYyAFI8jBQ1AdYxSdwAXgBkAEAmAGEAqABkBCqAQMYLTm4AQPIAQD4AQGYAgggAtAQwglKEAAyAMY1gQYR8ICBBajGCfCAgUQABjvBclCCBAAGIAEGKIEmAMAIAYBkAYIkqcFMS4wLjmgB9sjsqcDMi05uAfKEMIHCTAuNi4zLjAuMgcHMq&scient=qws-wiz-serp

4.5.1. Choix du taux d'actualisation annelle (r)

Le choix du taux d'actualisation constitue un élément déterminant de l'évaluation économique du projet. Il dépend de la nature du projet, du contexte de financement et du niveau de risque associé. Les pratiques couramment admises permettent de distinguer plusieurs catégories :

- Analyse sociale / projets publics : taux généralement compris entre 5 % et 10 % (5% pour les pays de l'OCDE et 7–10 % pour les pays en développement selon l'aversion au risque).
- Projets privés / investisseurs (WACC attendu) : taux compris entre 8 % et 20 %.
- Marchés matures / financement bon marché : taux relativement faibles, 6–10 % (pour le photovoltaïque en Europe, les études rapportent souvent 5–7 % en non levier).
- Marchés émergents / risque-pays élevé : taux plus élevés, généralement 12 à 20%, voire davantage en cas de risques politiques ou de change importants.
- Pays en développement : les taux sont compris entre 8 % et 20 %, selon le niveau de risque et la structure de financement. À cet effet, trois scénarios sont couramment retenus pour l'analyse économique :
 - un scénario optimiste à 8 %,
 - un scénario central à 12 %
 - un scénario pessimiste à 18 %.

Le projet étudié porte sur la conception et le dimensionnement d'un système photovoltaïque pour l'irrigation agricole en milieu rural, dans un contexte de pays en développement, en l'occurrence la Guinée. Il s'agit d'un projet à vocation technique et socio-économique, visant à améliorer les conditions de vie des populations rurales, la productivité agricole et la résilience face aux aléas climatiques. Il se caractérise par les éléments suivants :

- Utilisation d'un système photovoltaïque autonome pour le pompage et l'irrigation ;
- Contexte rural marqué par une faible électrification ;
- Pays en voie de développement, avec des contraintes économiques et institutionnelles ;
- Présence de risques techniques et structurels (climat, maintenance, accès au financement, foncier, gouvernance locale) ;
- Projet à caractère communautaire et non assimilable à un projet photovoltaïque financé par une banque ou d'organismes bilatéraux.

Compte tenu de la vocation socio-économique du projet et de son inscription dans un contexte rural, **un taux d'actualisation réel de 8 % a été retenu** comme scénario de référence pour l'analyse économique sans prise en compte explicite de l'inflation.

Afin d'évaluer la robustesse des résultats face aux incertitudes financières, une analyse de sensibilité est réalisée en considérant des **taux d'actualisation de 12 % et 18 %**, permettant d'apprécier l'impact du coût du capital sur la viabilité économique du système photovoltaïque d'irrigation.



4.5.2. Analyse de sensibilité un taux d'actualisation de 8% élargi à 12% et 18%

En tenant compte des trois scénarios cités plus haut, le coût actualisé de l'énergie (LCOE) est calculé pour chaque type de pompage :

Tableau 11: Analyse de sensibilité un taux d'actualisation de 8% élargi à 12% et 18%

Scénario	LCOE du mètre cube d'eau pompée	
	Pompage photovoltaïque	Pompage thermique
Optimiste : r= 8**%	1 071 GNF/m3 d'eau	3 131 GNF/m3 d'eau
Central : r=12%	1 263 GNF/m3 d'eau	3 203 GNF/m3 d'eau
Pessimiste : r=18%	1 566 GNF/m3 d'eau	3 325 GNF/m3 d'eau

Pour plus de détails sur l'ensemble des coûts évalués, consulter dans l'annexe 6 (pages 57 à 66).

CHAPITRE 5 : Résultats et recommandations

5.1. Résumé des résultats

- L'étude a montré que la Guinée dispose d'un potentiel solaire important avec une irradiation moyenne de 4 à 6Kwh/m²/jour en haute et moyenne guinée. L'utilisation de ce potentiel permet de répondre effacement aux besoins de l'irrigation en saison sèche.
- Sur le plan environnemental, le système photovoltaïque réduit la dépendance aux énergies fossiles et limite les émissions de gaz à effet de serre
- Sur le plan social : le système de pompage solaire réduit la pénibilité du travail, augmente la productivité agricole, favorise le développement local et la résilience climatique.
- Sur le plan économique, l'analyse technico économique entre un pompage solaire et un pompage thermique a montré que le cout du mètre d'eau pompe via le système photovoltaïque est nettement inférieur à celui du pompage thermique ce qui confirme la viabilité économique du système photovoltaïque. Ci-dessus la parfaite illustration.

Tableau 12 comparaison des budgets et LCOE entre PV et thermique

		Pompage solaire	Pompage thermique	Rapport Thermique/solaire
Investissement initial		303 100 000	233 400 000	0.77
Renouvellement		174 800 000	206 300 000	1.18
Coût annuel de maintenance		62 697 500	82 773 000	1.32
Coût annuel d'Exploitation		0	1654063200	
Total dépenses annuelles		540 597 500	2 176 536 200	4.03
LCOE m3 d'eau pour un	r = 8%	1 071 GNF/m3	3 131 GNF/m3	2.923
taux d'actualisation (r)	r = 12%	1 263 GNF/m3	3 203 GNF/m3	2.536
de :	r = 18%	1 566 GNF/m3	3 325 GNF/m3	2.123

- Enfin, la production de l'énergie solaire pour des besoins de l'irrigation ou de l'éclairage offre à la Guinée des ajouts grâce aux avantages naturels, un marché en pleine expansion, des acteurs engagés et des volontés politiques appuyées par les cadres politique, institutionnel et législatif du Pays pour promouvoir les énergies renouvelables.

5.2. Recommandations

L'Étude étant centrée sur une seule zone géographique, nous pouvons recommander ce qui suit :

- La politique publique doit favoriser la subvention des projets communautaires d'irrigation via le pompage solaire compte tenu du coût d'investissement initial très élevé,
- Mettre en place un contrôle qualité obligatoire pour les équipements solaires importés,
- Etendre l'étude dans d'autre zones afin de permettre la répliquabilité



Annexe : Note de Calculs

Annexe 0 : QUESTIONNAIRE POUR ENQUÊTE DE TERRAIN

Projet : Exploitation du potentiel solaire pour les aménagements hydro-agricoles en Guinée
Cas d'étude : Dimensionnement d'une installation solaire pour une pompe de surface destinée à l'irrigation

1. Informations générales

- **Localisation (Région/Province/Village) :**
- **Nom de l'exploitation agricole :**

2. Données de diagnostic pour la conception d'un système d'irrigation photovoltaïque".

Ils permettent de recueillir des informations clés sur :

- Les caractéristiques agro-environnementales : Superficie de la zone irriguée, principales cultures, sources d'irrigation actuelles.
- La situation énergétique et d'irrigation actuelle : Types de systèmes d'irrigation et sources d'énergie utilisées, consommation et coûts énergétiques.
- Les besoins techniques et énergétiques : Débit, HMT, temps et période d'irrigation, ainsi que les limitations ou problèmes rencontrés avec le système actuel.

a. Superficie de la zone irriguée (en hectares) :

b. Principales cultures pratiquées :

c. Source actuelle d'irrigation :

- Rivière
- Forage
- Puits
- Réservoir
- Autre (préciser) :

d. Situation actuelle de l'irrigation et de l'énergie

• Type de système d'irrigation utilisé :

- Pluviale
- Gravitique
- Goutte à goutte
- Aspersión
- Autre (préciser) :

• Source d'énergie utilisée :

- Réseau électrique national
- Générateur diesel
- Solaire
- Manuel
- Autre (préciser) :

• Consommation énergétique actuelle (si disponible) :

- Quantité de carburant utilisée par jour/semaine :
- Coût moyen mensuel de l'énergie (électricité/carburant) :
- etc

e. Besoins énergétiques et techniques

- Débit d'eau nécessaire (en m³/h) :
- Hauteur Manométrique Totale (HMT) requise (en mètres) :
- Temps d'irrigation quotidien (en heures) :
- Période d'irrigation annuelle (mois de l'année) :
- Problèmes rencontrés avec le système actuel :
 - Pannes fréquentes
 - Coûts élevés de l'énergie
 - Manque d'eau pour couvrir toute la zone cultivée
 - Autre (préciser) :



3. Potentiel solaire et acceptabilité

- **La zone dispose-t-elle d'un espace dégagé pour l'installation de panneaux solaires ?**
 - Oui
 - Non
- **Avez-vous déjà utilisé ou entendu parler des systèmes solaires photovoltaïques ?**
 - Oui
 - Non
- **Seriez-vous prêt à adopter un système solaire pour l'irrigation si les avantages sont démontrés ?**
 - Oui
 - Non
- **Quels seraient vos besoins en accompagnement pour utiliser un tel système ?**
 - Formation technique
 - Financement ou subventions
 - Maintenance et suivi
 - Autre (préciser) :
 -

4. Données économiques et perspectives

- **Budget mensuel moyen alloué à l'irrigation (énergie, maintenance, etc.) :**
- **Quelle est la rentabilité actuelle des cultures irriguées (revenu annuel estimé) ?**
- **Estimez-vous que l'utilisation de l'énergie solaire pourrait améliorer vos rendements ?**
 - Oui
 - Non
 - Comment ? (Réponse ouverte) :
 -

5. Impact environnemental et social

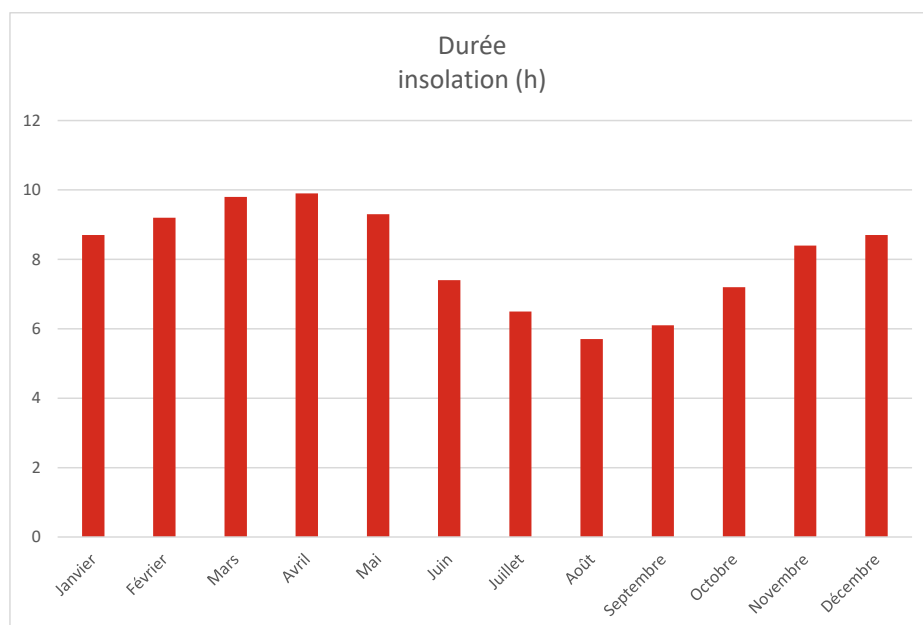
- **Quelles seraient, selon vous, les implications environnementales d'un système solaire ?**
 - Réduction des émissions de CO₂
 - Préservation des ressources naturelles
 - Autre (préciser) :
- **Comment une solution solaire pourrait-elle contribuer à l'amélioration de vos activités agricoles et de votre qualité de vie ? (Réponse ouverte)**
-

6. Observations et remarques supplémentaires :

- **Avez-vous des suggestions ou des attentes spécifiques concernant l'intégration des systèmes solaires pour l'irrigation agricole ?**

Annexe1 : Données climatiques

Mois	Temp Min °C	Temp Max °C	Humidité %	Vent m/s	Durée insolation	ETP mm/jour
Janvier	15,3	35	38,3	2,5	8,7	4,01
Février	18,1	37,6	34,3	2,8	9,2	4,95
Mars	21,3	39,4	35,9	2,3	9,8	5,72
Avril	23,5	40,4	41,3	1,9	9,9	6,3
Mai	24,1	39,1	53,5	1,9	9,3	5,88
Juin	22,9	34,6	67,2	1,9	7,4	4,9
Juillet	22,1	32	79,6	1,8	6,5	4,52
Août	22,1	31,1	82,6	1,7	5,7	4,25
Septembre	21,4	31,8	81,5	1,7	6,1	4,55
Octobre	21,8	33,3	80,1	1,7	7,2	4,74
Novembre	19,3	34,2	70,4	1,9	8,4	4,45
Décembre	14,4	34,4	53,1	2,2	8,7	3,91
Moyenne	20,5	35,2	59,8	2	8,1	4,85



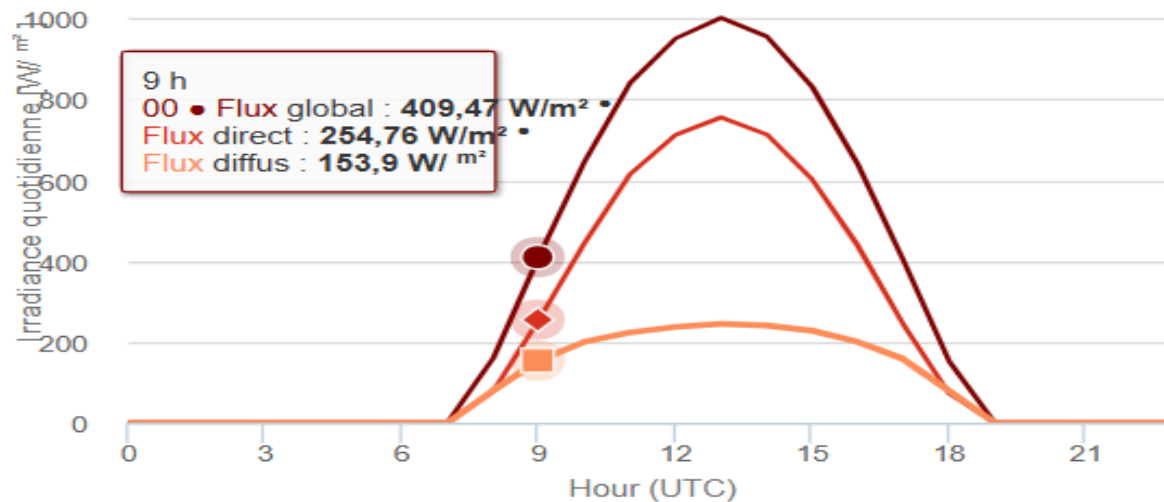
Irradiation mensuelle du site du projet (la plaine de Danini).



		ANNEE 2022												ANNEE 2023											
Mois	unités	Janv	Fév	Mar s	Avri l	Mai	Juin	Juill et	Aoû t	Sep t	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar s	Avri l	Mai	Juin	Juill et	Aoû t	Sep t	Oct	No v	Déc
Nombre de jours du mois	jours	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Irradiation mensuelle globale horizontale	(Kwh/m²)	184	186	220.2	221.9	202	169.9	158.3	160.7	161.7	175	175.5	166.6	186.6	176.3	220.4	219.8	191.5	173.4	164.1	168.6	166.9	175.1	176.1	173.2
	(Kwh/m²/jour)	5.9	6.6	7.1	7.4	6.5	5.7	5.1	5.2	5.4	5.6	5.9	5.4	6.0	6.3	7.1	7.3	6.2	5.8	5.3	5.4	5.6	5.6	5.9	5.6
Irradiation mensuelle à l'angle d'inclinaison de 12°	(Kwh/m²)	206.9	201.4	226.6	217.7	191.9	160.1	150.9	156.6	163.1	184.3	193.9	188.6	210.2	189.9	226.9	215.6	182.7	163.2	159.3	164.3	168.3	184.1	195.2	196.8
	(Kwh/m²/jour)	6.7	7.2	7.3	7.3	6.2	5.3	4.9	5.1	5.4	5.9	6.5	6.1	6.8	6.8	7.3	7.2	5.9	5.4	5.1	5.3	5.6	5.9	6.5	6.3

Source PVGIS SARA3 année 2022-2023

Irradiation journalière du mois le moins ensoleillé



Irradiance(Click on series to hide)

— Global — Direct
 — Diffuse

Irradiance on a fixed plane

Time	00:45	01:45	02:45	03:45	04:45	05:45	06:45	07:45	08:45	09:45	10:45	11:45	12:45	13:45	14:45	15:45	16:45	17:45	18:45	19:45	20:45	21:45	22:45	23:45
G(i)	0	0	0	0	0	0	0	0	159	409	645	839	950	1002	955	831	639	400	152	0	0	0	0	0
Gb(i)	0	0	0	0	0	0	0	0	79	255	444	615	711	755	713	602	438	242	72	0	0	0	0	0
Gd(i)	0	0	0	0	0	0	0	0	80	154	200	223	237	244	241	228	200	157	79	0	0	0	0	0

G(i): Global irradiance on a fixed plane [W/m²].

Gb(i): Direct irradiance on a fixed plane [W/m²].

Gd(i): Diffuse irradiance on a fixed plane [W/m²].

■ Annexe2 : Estimation des besoins en eau

Les besoins en eau des cultures sont calculés sur la base de l'évapotranspiration potentiel (ETP), le coefficient cultural (Kc), les pluies efficaces (Pe) et la réserve d'eau facilement utilisable par les plantes.

Ainsi :

$$\text{Besoins net (BN)} = (Kc \cdot ETP - Pe) - \beta RFU$$

Avec :

- ✓ **Kc=1.35**
- ✓ **Pe** : pluie efficace prise égal à 80% de la pluie tombée
- ✓ **βRFU** : est la fraction de la réserve en eau facilement disponible à la plante. La pluie s'étant arrêté depuis au moins deux mois, et par raison de sécurité on considèrera que le sol est sec et ne peut par conséquent libérer de l'eau pour la plante
- ✓ **ETM=Kc*ETP.**

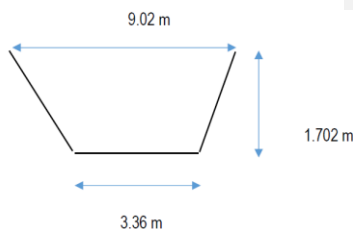
Le tableau ci-dessous recapitule les résultats des calculs des besoins en eau pour les cultures maraichères (cultures de contre saison)

Désignation	déc (10 derniers jours)	Janvier	Fevrier	mars	avril (20 1ers jrs)	Avril (10 derniers jrs)
Période culturale	Installation pépinière et préparation du sol	Végétation	Floraison-formation du produit		Murissement	Récolte
ETP (mm) en fin de période	43,01	124,31	138,6	177,32	129	63
Kc	0	1,15	1,15	1,15	0,20	0
ETM(mm)	0	142,97	159,4	203,92	25,8	0
P(mm)	0	0	0	0	0	7,7
Pe(mm)	0	0	0	0	0	6,16
ETM-Pe (mm)	0	142,97	159,4	203,92	25,8	0
BN(mm)	0	142,97	159,4	203,92	25,8	0
Efficiene globale	0,6					
Besoin Brut en eau (mm)	0	238,26	265,66	339,86	43	0
Besoin Brut en eau (m3/ha)	0	2383	2657	3399	430	0
besoins journalier m3/jour/ha		79	89	113	14	0
besoins moyens m3/ha		74				
temps d'arrosage journalier (heure)	4	4	4	4	4	4
Q journalier (m3/h/ha)	0	20	22	28	4	0
Q journalier (m3/h/ha)		28				

Annexe3 : Estimation de la ressource en eau disponible

Estimation du débit d'étiage du cours d'eau

La section du cours d'eau été mesurée en quatre endroits distincts. Les valeurs moyennes des mesures est reportée sur la figure ci-contre. Pour faciliter les calculs, cette section moyennes a été assimilée à une section de forme trapézoïdale. Après avoir choisi les paramètres de la section hydraulique des différentes hauteurs, on calcule le débit pour chaque hauteur d'eau à l'aide de la formule de Manning-Strickler. $Q = K_s \times S \times (S/P)^{(2/3)} \times I^{0,5}$

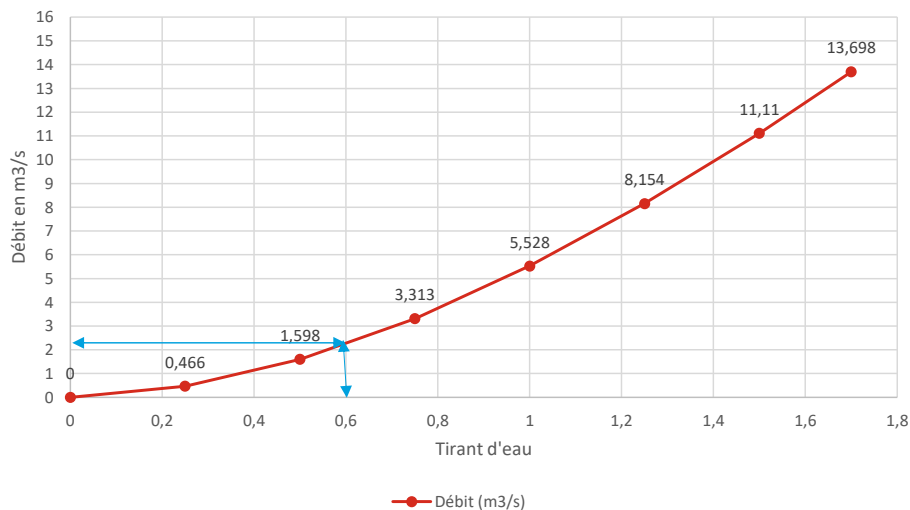


Il ressort de ce calcul, que pour une hauteur d'étiage de 0.6m, le débit moyen correspondant est de l'ordre de **2m3/seconde** tandis que pour une lame d'eau de 50cm, le débit sera : $Q_{\text{étiage}} = 1.6 \text{ m}^3/\text{s}$ **ce qui est largement supérieur aux besoins en eau calculés dans l'annexe 2**

Tous les résultats de calcul des débits obtenus en fonction des hauteurs d'eau sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Largeur au plafond	Largeur en gueule	Hauteur des berges	Pente naturelle du CE (I)	Rugosité des parois (K)	Fruit	Tirant d'eau (h)	Section Mouillée (S)	Périmètre Mouillé (P)	Débit (m3/s)
3,36	9,02	1,702	0,001	40	1,7	0	0	0	0
						0,25	0,944	3,875	0,466
						0,5	2,096	4,478	1,598
						0,75	3,455	5,235	3,313
						1	5,023	6,188	5,528
						1,25	6,798	7,362	8,154
						1,5	8,781	8,768	11,11
						1,7	10,517	10,066	13,698

Courbe d'étalonnage du cours d'eau



Annexe4 : Dimensionnement hydraulique

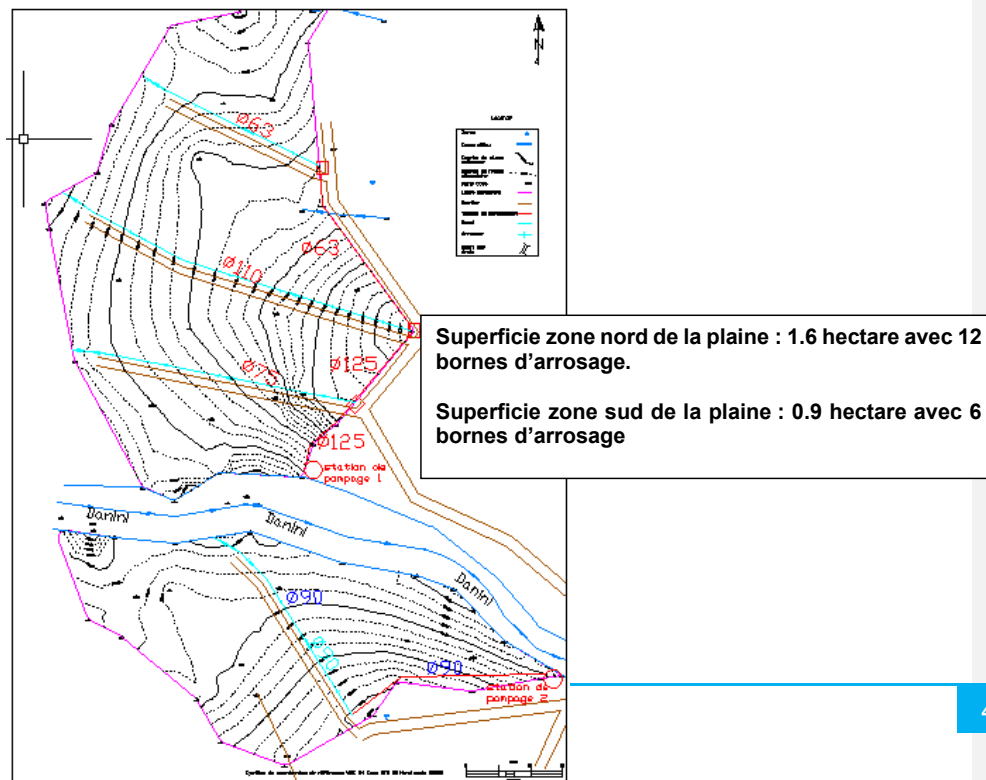
1. Besoins en eau des cultures

Plaine de: DANINI : 2,5ha

Besoins en eau par hectare : 23m³/h/ha

	Tronçon	SURFACE à irriguer (ha)	DEBIT nécessaire en L/s	Longueur (m)	PENTE	Nombre de Bornes d'arrosage q=1,2L/s/borne
Partie nord de la plaine	Station1-A		13,00	25		
	CS1=A-1	0,32	3,00	97	3,50%	3,00
	A-B		10,00	45		
	CS2=B-2	1,01	8,00	128	4,00%	7,00
	B-C		2,00	67		
Partie sud de la plaine	CS3=C-3	0,27	2,00	62	2,00%	2,00
	Station2-D		7,00			
	CS4=D-4	0,9	7,00	74	3,80%	6,00

Plan de la plaine





2. Calcul des diamètres des conduites à poser

Pour le dimensionnement de la conduite d'adduction devant alimenter le bassin d'irrigation à partir de la rivière (bassin de prise), nous utiliserons plusieurs formules simplifiées suivantes :

- Formule de BRESSE : $D_{th}=1,5 \cdot \sqrt[2]{Q}$
Dth est le diamètre théorique exprimé en mètre et le débit Q en m3/s
- Formule de Bresse modifiée : $D_{th}=0,8 \cdot \sqrt[3]{Q}$
- Formule simplifiée de Munier : $D_{th}= (1+0,02 \cdot n) \cdot \sqrt[2]{Q}$
Dth en mètre et Q en m3/s, n est le nombre d'heure de pompage journalier
- Equation de continuité : $D_{th} = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$ avec $V=1\text{m/s}$ dans un 1^{er} temps

Pour les vitesses dans le réseau, nous avons opté pour des vitesses comprises entre 0.5 et 1.5m/s comme vitesses acceptables. Pour réduire le cout de l'investissement sur l'achat des conduites, nous retiendrons la conduite calculée ayant le plus petit diamètre nominal respectant la condition des vitesses. Pour les conduites nous retiendrons des conduites PVC, PN10

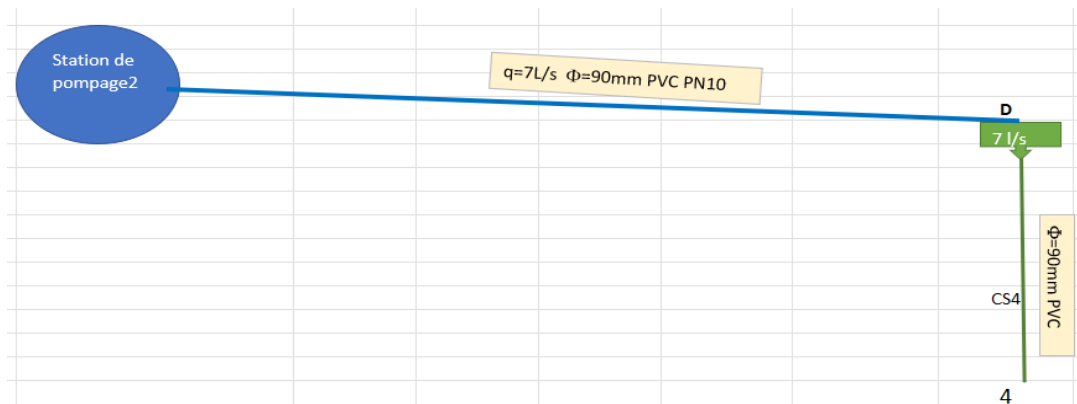
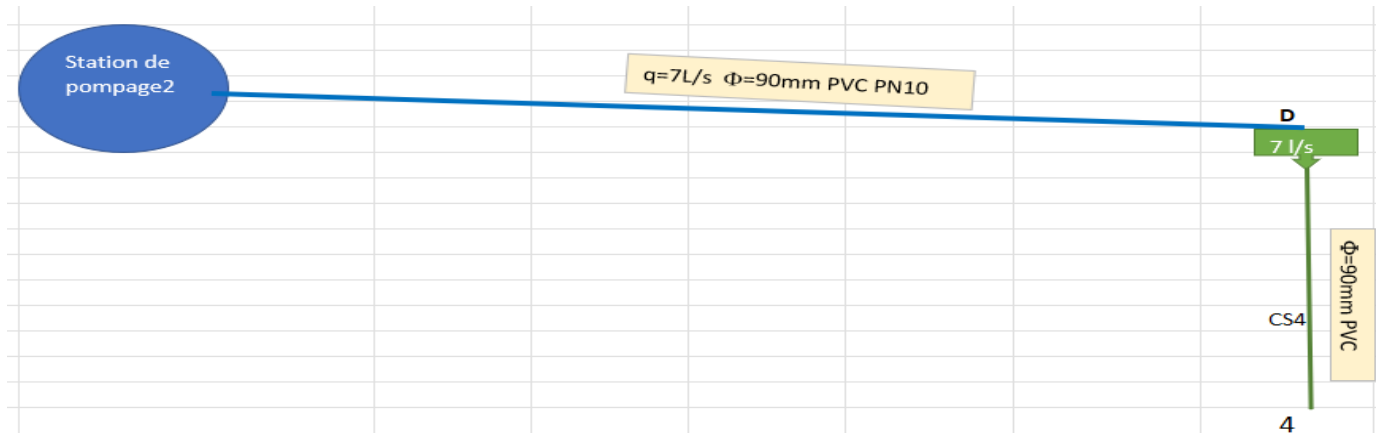
Le diamètre des conduites pour chaque site est consigné dans les tableaux ci-dessous.

Tronçon	Débit du tronçon (L/s)	Désignation	Dth (mm)	DN (mm)	Di (mm)	V(m/s)	Conclusion Vitesse	
Station2-D	7	Formule de Bresse ($D_{th}=1,5 \cdot \sqrt[2]{Q}$)	125,50	125,00	113,00	0,70	Vitesse acceptable	PVC DE90mm PN10
		Formule de Bresse modifiée ($D_{th}=0,8 \cdot \sqrt[3]{Q}$)	153,03	160,00	147,60	0,41	Vitesse non acceptable	
		Equation de continuité ($Q=V \cdot \pi \cdot D^2 / 4$)	94,431	90,00	81,40	1,35	Vitesse acceptable	
CS4=D-4	7	Formule de Bresse ($D_{th}=1,5 \cdot \sqrt[2]{Q}$)	125,50	125,00	113,00	0,70	Vitesse acceptable	PVC DE90mm PN10
		Formule de Bresse modifiée ($D_{th}=0,8 \cdot \sqrt[3]{Q}$)	153,03	160,00	184,60	0,26	Vitesse non acceptable	
		Equation de continuité ($Q=V \cdot \pi \cdot D^2 / 4$)	94,431	90,00	81,40	1,35	Vitesse acceptable	



Tronçon	Débit du tronçon (L/s)	Désignation	Dth (mm)	DN (mm)	Di (mm)	V(m/s)	Conclusion Vitesse 0,5<Vitesse <1,5	Diamètre commercial retenu
Station1-A	13	Formule de Bresse($Dth=1,5 \times Q^{0,5}$)	171,03	200,00	184,60	0,49	Vitesse non acceptable	PVC DE125mm PN10
		Formule de Bresse modifiée ($Dth=0,8 \times Q^{(1/3)}$)	188,11	200,00	184,60	0,49	Vitesse non acceptable	
		Equation de continuité ($Q=V \times \pi \times D^2/4$)	128,688	125,00	113,00	1,30	Vitesse acceptable	
CS1=A-1	3	Formule de Bresse ($Dth=1,5 \times Q^{0,5}$)	82,16	90,00	81,40	0,58	Vitesse acceptable	PVC DE75mm PN10
		Formule de Bresse modifiée ($Dth=0,8 \times Q^{(1/3)}$)	115,38	125,00	113,00	0,30	Vitesse non acceptable	
		Equation de continuité ($Q=V \times \pi \times D^2/4$)	61,820	75,00	67,80	0,83	Vitesse acceptable	
A-B	10	Formule de Bresse ($Dth=1,5 \times Q^{0,5}$)	150,00	160,00	147,60	0,58	Vitesse acceptable	PVC DE125mm PN10
		Formule de Bresse modifiée ($Dth=0,8 \times Q^{(1/3)}$)	172,35	200,00	184,60	0,37	Vitesse non acceptable	
		Equation de continuité ($Q=V \times \pi \times D^2/4$)	112,867	125,00	113,00	1,00	Vitesse acceptable	
CS2=B-2	8	Formule de Bresse ($Dth=1,5 \times Q^{0,5}$)	134,16	160,00	147,60	0,47	Vitesse non acceptable	PVC DE110mm PN10
		Formule de Bresse modifiée ($Dth=0,8 \times Q^{(1/3)}$)	160,00	200,00	184,60	0,30	Vitesse non acceptable	
		Equation de continuité ($Q=V \times \pi \times D^2/4$)	100,951	110,00	99,60	1,03	Vitesse acceptable	
B-C	2	Formule de Bresse ($Dth=1,5 \times Q^{0,5}$)	67,08	75,00	67,80	0,55	Vitesse acceptable	PVC DE63mm PN10
		Formule de Bresse modifiée ($Dth=0,8 \times Q^{(1/3)}$)	100,79	110,00	99,60	0,26	Vitesse non acceptable	
		Equation de continuité ($Q=V \times \pi \times D^2/4$)	50,475	63,00	57,00	0,78	Vitesse acceptable	
CS3=C-3	2	Formule de Bresse ($Dth=1,5 \times Q^{0,5}$)	67,08	75,00	67,80	0,55	Vitesse acceptable	PVC DE63mm PN10
		Formule de Bresse modifiée ($Dth=0,8 \times Q^{(1/3)}$)	100,79	10,00	99,60	0,26	Vitesse non acceptable	
		Equation de continuité ($Q=V \times \pi \times D^2/4$)	50,475	63,00	57,00	0,78	Vitesse acceptable	

3. Schéma du réseau de tuyaux PVC calculé



4. Calculs de la pression dans les tronçons

Point	Distance partielle (m)	Distance cumulée (m)	Élévation (m)	dénivelé (m)	Débit nécessaire (l/s)	Diamètre intern Théorique (mm)	Diamètre externe retenu (mm)	Diamètre interne (mm)	Vitesse (m/s)	Perte de charge linéaire				Perte de charge singulière		Total pertes de charge (m)	Pression dynamique (m)	Pression résiduelle	
										Nombre de Reynold.	Régime laminaire	Régime turbulent	Perte (m) linéaire	K	Perte (m)			m	bar
Station Pompage 1	0		126	-	-		-	-	-	-	-	-	-		-	-	126		0,00
A	25	25	116	10	13,00	128,69	125,0	113,0	1,30	128 490		0,0167	0,3	0,002	0,000171	0,3	125	9,9	0,99
B	45	70	117	-2	10,00	112,87	125,0	113,0	1,00	98 839		0,0178	0,4	0,002	0,000101	0,4	125	8,0	0,80
C	67	137	114	3	2,00	50	63,0	57,0	0,78	39 189		0,0225	0,8	0,002	0,000063	0,8	124	10,2	1,02
A	0	0	116														125		0,00
1	107	107	106	10	3,00	62	75,0	67,8	0,83	49 419		0,0212	1,2	0,002	0,000070	1,2	114	8,3	0,83
B		0	117	-					-	-	-	-	-	-	-	-	114		0,00
2	138	138	105	12	8,00	101	110,0	99,6	1,027	89 709		0,0183	1,4	0,002	0,000107	1,4	116	10,6	1,06
C		0	114	-					-	-	-	-	-	-	-	-	125		-
3	73	73	100	14	2,00	50	63,0	57,0	0,78	39 189		0,0225	0,9	0,002	0,000063	0,9	113		1,31
Station Pompage2	0	0	124	-					-	-	-	-	-	-	-	-	125		0,00
D	77	77	115	9	7,00	94,43	90,0	81,4	1,35	96 046		0,0180	1,6	0,002	0,000184	1,6	123	8,4	0,84
4	77	154	112	3	7,00	94,43	90,0	81,4	1,35	96 046		0,0180	1,6	0,002	0,000184	1,6	122	9,9	0,99
Total													8,07		0,0009	8,07			



5. Choix de la pompe :

Le cours d'eau étant permanent et encaissé par rapport aux parties de la plaine à alimenter (dénivelée d'environ 10m), nous optons pour des pompes de surface alimentées par des panneaux solaires. Pour cela, il faudra réaliser deux stations de pompage solaire, chaque station va alimenter une zone de la plaine. Les débits nécessaires pour satisfaire les besoins en eau des cultures sont 7L/s pour la plaine sud et 13L/s pour la plaine nord soit respectivement **25.2m3/h et 46.8m3/h**.

- Entre la station de pompage n°1 et le point le plus haut du réseau, le dénivelé est de 10m et la perte de charge calculée est de 0.3m pour un linéaire de conduite de 25m, donc la pompe1 doit avoir une **Hmt de 10.3m** (voir tableau 5 plus bas).
- Entre la station de pompage n°2 et le point le plus haut du réseau, le dénivelé est 9m et la perte de charge totale calculée est de 1.60m sur 77m linéaire de tuyauterie, donc la pompe2 doit avoir une **Hmt de 10.6m**.
- Nous retiendrons finalement une pompe qui doit satisfaire une hauteur manométrique totale de 12m.

Pour le choix définitif de la pompe, nous retiendrons une pompe de surface de marque **Lorentz PS2-4000 CS-F42-10-1** : Selon la courbe caractéristique de la pompe (voir graphique ci-dessous), la puissance absorbée par la pompe sera de :

- ✓ 1.3Kw pour un rendement de 25.2m3 d'eau pompée par heure
- ✓ 2.525kw pour rendement de 46.8m3/h

NB : ces données seront utilisées pour déterminer le nombre de panneaux solaire nécessaire pour faire fonctionner la station de pompage.

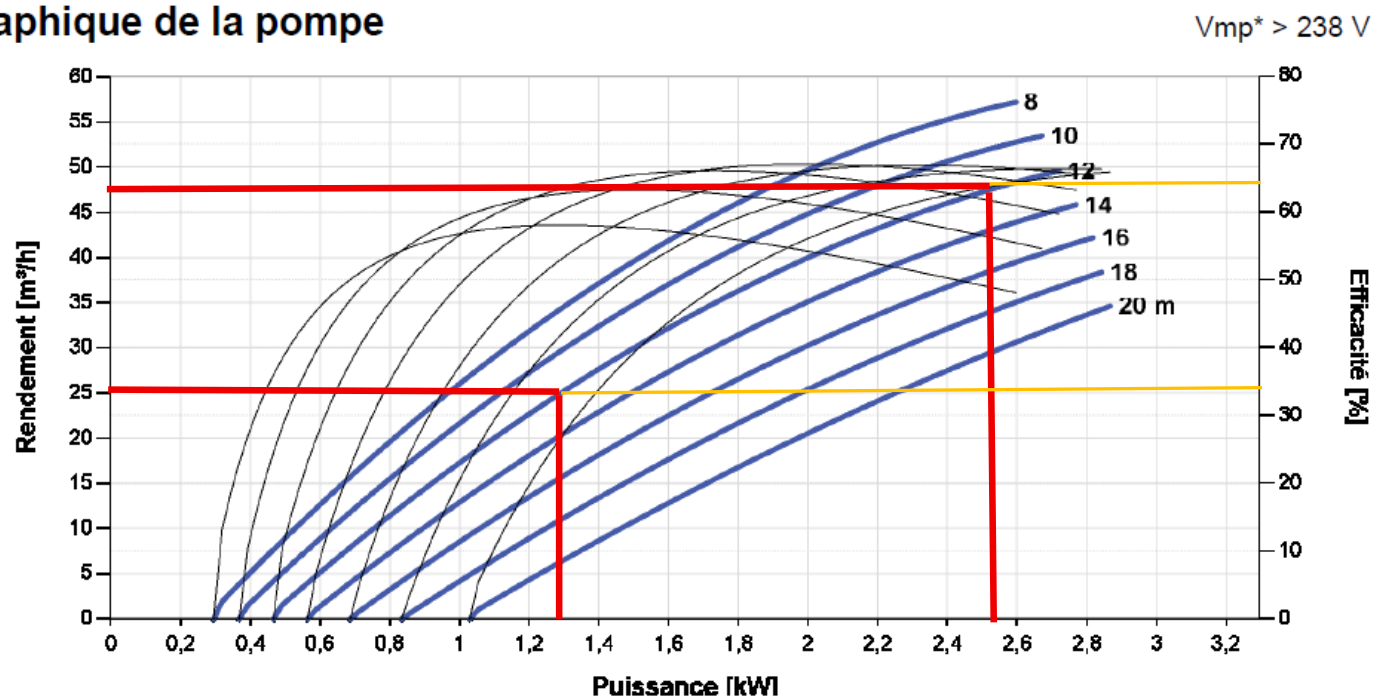
Site	Station de pompage	Débit (m3/h)	Débit journalier m3/jour	Hmt (m)	Nombre de pompe	Type de pompe	Marque	Modèle de pompe	Puissance nominale	Puissance nécessaire pour le pompage d'eau
Danini nord	n°1	46.8	187.2	12	1	Pompe de surface	Lorentz	PS2-4000 CS-F42 10-1	4Kw	2.525 Kw
Danini sud	n°2	25.2	100.8	12	1	Pompe de surface	Lorentz	PS2-4000 CS-F42 10-1	4Kw	1.3 Kw

- La pompe Lorentz retenu a un contrôleur PS2-4000 de marque Lorentz qui a pour caractéristiques :
 - ✓ Puissance maximale du contrôleur PS2-4000 : 4,0 kW
 - ✓ Tension d'entrée max : 375 V
 - ✓ Tension optimale (Vmp) : > 238 V
 - ✓ Intensité du moteur : Max 14 A
 - ✓ Efficacité du moteur ECDrive 4000 : max. 92 %
 - ✓ Efficacité de la pompe (hydraulique) : max. 74 %

PS2-4000 CS-F42-10-1

Système de pompe solaire de surface

Graphique de la pompe





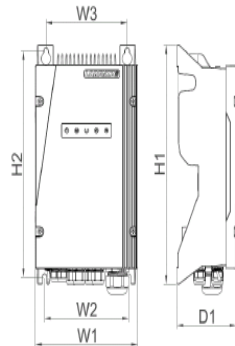
PS2-4000 CS-F42-10-1

Système de pompe solaire de surface

Dimensions et poids

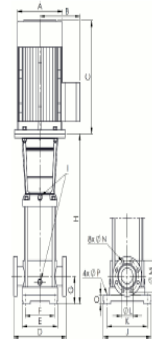
Contrôleur

H1 = 352 mm
H2 = 333 mm
W1 = 207 mm
W2 = 170 mm
W3 = 164 mm
D1 = 124 mm



Pompe

A = 162 mm
B = 132 mm
C = 286 mm
D = 365 mm
E = 245 mm
F = 190 mm
G = 140 mm
H = 561 mm
I = G1/2"
J = 330 mm
K = 266 mm
L = 80 mm
M = 160 mm
N = 18 mm
O = 45 mm
P = 14 mm



Contrôleur

Pompe

Moteur

Extrémité de la pompe

PS2-4000 CS-F42-10-1

Système de pompe solaire de surface

Gamme de systèmes

Chute max. 20 m
Débit max. 57 m³/h

Données techniques

Contrôleur PS2-4000

- Commande et surveillance
- Entrées de commande pour protection contre le fonctionnement à sec, commande à distance, etc.
- Protection contre inversion de polarité, surcharge et surchauffe
- MPPT (Maximum Power Point Tracking) intégré
- Integrated Sun Sensor

Puissance max. 4,0 kW
Tension d'entrée max. 375 V
Optimal Vmp** > 238 V
Intensité du moteur max. 14 A
Efficacité max. 98 %
Temp. ambiante -40...50 °C
Classe de protection IP68

Moteur ECDRIIVE 4000 CS-F

- Entretien minimal, moteur DC sans balais
- Matériel de haute qualité, acier inoxydable: AL/AISI 304

Puissance nominale 4,0 kW
Efficacité max. 92 %
Vitesse du moteur 900...3 300 rpm
Classe d'isolation F
Classe de protection IPX4

Extrémité de la pompe PE CS-F42-10-1

- Matériel de haute qualité
 - Centrifugal pump
- Efficacité max. 74 %



Pompe PU4000 CS-F42-10-1 (Moteur, Extrémité de la pompe)

Température de l'eau max. 70 °C
Hauteur d'aspiration acc. to COMPASS sizing

Normes



2006/42/EC, 2004/108/EC, 2006/95/EC



Annexe 5 : Dimensionnement de l'installation solaire

Valeur de l'irradiation = ?????

Il vous faut trouver la valeur de l'irradiation mensuelle la plus faible du site du projet (de la Plaine de Danini) ; vos calculs sont erronés ; car vous utilisiez la valeur max de 6 kWh/m²/jour que peut enregistrer toute la Guinée au lieu d'utiliser la valeur mensuelle la plus faible du site du projet. C'est avec cette valeur que vous mènerez tous vos calculs.

Commenté [IB1]: Voir les justifications à la page 19

a. Données de calculs

Données sur les panneaux solaires

Dimensions Module	1980 x 1002 x 40 mm
Poids	23 kg
Puissance nominale P _{mpp} *	360 W
Tension à puissance max. V _{mpp} *	38.4 V
Courant à puissance max. I _{mpp} *	9.38 A
Tension en circuit ouvert Voc	47.4 V
Courant de court-circuit I _{sc}	10.24 A
Type de cellules	Monocristallin
Nombre de cellules couplées en série	72
Tension maximale système	1000 V
Coefficient de température de P _{mpp} (%)	-0,45/°C
Coefficient de température de Voc (%)	-0,35/°C
Coefficient de température de I _{sc} (%)	+0,04/°C
Température de fonctionnement	-40°C à +85°C
Charge de surface maximale	200 kg/m ²
Résistance aux impacts (grêle)	23 m/s, 7,53 g
Boîte de raccordement	PV-JB002
Type de connecteur	MC4
Longueur des câbles	900 mm
Tolérance de puissance	+/-3%
Cadre	Aluminium
Garantie produit	5 ans

Données sur la pompe solaire

Station de pompe	Débit (m ³ /h)	Hmt (m)	Nombre de pompe	Puissance nominale	Puissance nécessaire pour le pompage d'eau	Débit journalier (m ³ /jour)
n°1	46.8	12	1	4Kw	2.525 Kw	187.2
n°2	25.2	12	1	4Kw	1.3 Kw	100.8

Temps de fonctionnement de la pompe : T_f = 4 heures par jour

Données sur le Contrôleur de pompe solaire :

- Puissance maximale du contrôleur PS2-4000 : 4,0 kW
- Tension d'entrée max : 375 V
- Tension optimale (V_{mp}) : **> 238 V**
- Intensité du moteur : **max 14 A**
- Efficacité du moteur ECDrive 4000 : **max. 92 %**

Données sur le site

Mois	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril
Temp Min°C	14,4	15,3	18,1	21,3	23,5
Temp Max°C	34,4	35	37,6	39,4	40,4
Latitude en degré	12°	12°	12°	12°	12°
Irradiation solaire en kWh/m ²	6.1	6.8	6.8	7.3	7.2

Coefficient de productivité des panneaux choisis : k=0.75



b. Dimensionnement du champ photovoltaïque

Station de pompage Danini NORD	Station de pompage Danini SUD
✚ Calcul de l'énergie électrique de l'installation de pompage (Einst) $Einst (KWh/jour) = \frac{Puissance\ de\ la\ pompe \times Temps\ de\ pompage}{Rendement\ du\ groupe\ moto - pompe}$ $Einst \left(\frac{KWh}{jour} \right) = \frac{2.252 \times 4}{64\% \times 92\%} = 15.3 \text{ kWh}$	✚ Calcul de l'énergie électrique de l'installation de pompage (Einst) $Einst (KWh/jour) = \frac{Puissance\ de\ la\ pome \times Temps\ de\ pompage}{Rendement\ du\ gropue\ (pompe + controleur)}$ $Einst (KWh/jour) = \frac{1.3 \times 4}{34\% \times 92\%} = 16.624 \text{ kWh}$
✚ Calcul de la puissance du générateur photovoltaïque $Pc (Wc) = \frac{Einst (wh)}{Ir * K} = \frac{15300}{6 \times 0.75} = 3400 \text{ Wc}$ ✚ Avec Ir= Irradiation solaire (Kwh/m²) et K = coefficient de productivité (K=0.75)	✚ Calcul de la puissance du générateur photovoltaïque $Pc (Wc) = \frac{Einst (wh)}{Ir * K} = \frac{16624}{6 \times 0.75} = 3694 \text{ Wc}$ ✚ Avec Ir= Irradiation solaire (Kwh/m²) et K = coefficient de productivité (K=0.75)
✚ Nombre total théorique des Panneaux à installer (N) $N = \frac{Pc (en Wc)}{Puissance\ unitaire\ d'un\ panneau\ PV} = 3400/360 = 9$	✚ Nombre total théorique des Panneaux à installer (N) $N = \frac{Pc (en Wc)}{Puissance\ unitaire\ d'un\ panneau\ PV} = 3694/360 = 10$
✚ Nombre de panneaux en série (Ns) Le nombre de panneaux à monter en série (Ns) est calculé de sorte que la tension de court-circuit de la branche ne doit pas dépasser la tension d'entrée du contrôleur. D'où $238 < Ns \times Voc < 375$ $6.21 < Ns < 7.91$; Donc Ns=7	✚ Nombre de panneaux en série (Ns) Le nombre de panneaux à monter en série (Ns) est calculé de sorte que la tension de court-circuit de la branche ne doit pas dépasser la tension d'entrée du contrôleur. $238 < Ns \times Voc < 375$; $6.21 < Ns < 7.91$ Donc Ns =7
✚ Nombre de branches parallèle (Np) Le nombre de panneaux à monter en parallèle (Np) est calculé de sorte que l'intensité de court-circuit l'installation ne doit pas dépasser la tension d'entrée du contrôleur. $Np * I_{sc} < I_{max\ du\ contrôleur}$. $Np * 10.24 < 14$. Donc $Np < 1.37 \Rightarrow Np=1$	✚ Nombre de branches parallèle (Np) Le nombre de panneaux à monter en parallèle (Np) est calculé de sorte que l'intensité de court-circuit l'installation ne doit pas dépasser la tension d'entrée du contrôleur. $Np * I_{sc} < I_{max\ du\ contrôleur}$. $Np * 10.24 < 14$. Donc $Np < 1.37 \Rightarrow Np=1$
Nombre total final des panneaux N= Ns x Np = 7x1=7	Nombre total final des panneaux N= Ns x Np = 7x1=7
✚ Surface théorique nécessaire pour l'installation des panneaux s'obtient par la formule. ✚ $S (m^2) = Pc (kWc) \times 20 = 3.400 \times 20 = 68 m^2$	✚ Surface théorique nécessaire pour l'installation des panneaux s'obtient par la formule. $S (m^2) = Pc (kWc) \times 20 = 3.694 \times 20 = 74 m^2$



c. Vérification de la compatibilité du système

Station de pompage Danini Nord	
✚ Vérification compatibilité du champ photovoltaïque avec le contrôleur de la pompe	
Tension de court-circuit du générateur $U=N * U_{oc}=7* 47,4=331.8 \text{ V}$ $238\text{V} < 331.8\text{V} < 375 \text{ volt OK}$	Tension contrôleur comprise entre 238V et 375V
Intensité du générateur PV $I=N_p * I_{sc} =1*10.24 \text{ A}=10.24\text{A}$ $I=10.24 \text{ A}<14\text{A OK}$	Inférieure à 14A
✚ Vérification de la satisfaction des besoins journalier en eau : $V_j(\text{m}^3/\text{j}) = \frac{N * P_p * I_r * K * \text{rendement groupe pompe}}{(H_{mt} (\text{m}) * 2.725)}$ Avec N= nombre de panneaux, I_r= Irradiation solaire (Kwh/m^2), K = coefficient de productivité ($K=0.75$), P_p = puissance unitaire d'un panneau (wc) ; Rendement groupe (pompe et contrôleur) ; H_{mt} = hauteur manométrique totale (m) $V_j(\text{m}^3/\text{j}) = \frac{7*360*6*0.75*34\%*92\%}{12*2.725} = 108.476\text{m}^3$ Besoin journalier : <u>100.8m³</u> Surdimensionnement : $= \frac{108.476-100.8}{100.8} \times 100 = 7.62\%$ Ce surdimensionnement acceptable	

Station de pompage Danini Sud	
✚ Vérification compatibilité du champ photovoltaïque avec le contrôleur de la pompe	
Tension de court-circuit du générateur $U=N * U_{oc}=7* 47,4=331.8 \text{ V}$ $238\text{V} < 331.8\text{V} < 375 \text{ volt OK}$	Tension contrôleur comprise entre 238V et 375V
Intensité du générateur PV $I=N_p * I_{sc} =1*10.24 \text{ A}=10.24\text{A}$ $I=10.24 \text{ A}<14\text{A OK}$	Inférieure à 14A
✚ Vérification de la satisfaction des besoins en eau : $V_j(\text{m}^3/\text{j}) = \frac{N * P_p * I_r * K * \text{rendement groupe pompe}}{(H_{mt} (\text{m}) * 2.725)}$ Avec N= nombre de panneaux, I_r= Irradiation solaire (Kwh/m^2), K = coefficient de productivité ($K=0.75$), P_p = puissance unitaire d'un panneau (wc) ; Rendement groupe (pompe et contrôleur) ; H_{mt} = hauteur manométrique totale (m) $V_j\left(\frac{\text{m}^3}{\text{j}}\right) = \frac{7 * 360 * 6 * 0.75 * 64\% * 92\%}{12 * 2.725} = 204.189\text{m}^3$ Besoin journalier : <u>187.20m³</u> Surdimensionnement : $= \frac{204.189-187.2}{187.2} \times 100 = 9.08\%$ Ce surdimensionnement acceptable	

d. Dimensionnement des équipements de protection du champ photovoltaïque

Danini nord	Danini sud
Batteries de stockage d'énergie	Batteries de stockage d'énergie
Fusible de protection des branches : Tension assignée $U_f > 1.15 * U_{OC} * NS$ où NS= nombre de panneau en série Tension assignée $U_f > 1.15 * 47.4 * 7 = 381.6 \text{ volt}$ $1.5 * I_{cc} < \text{calibre fusible} < 2 * I_{cc}$ $1.5 * 10.24 < \text{calibre fusible} < 2 * 10.24$ $15.36 \text{ A} < \text{calibre fusible} < 20.48 \text{ Ampère}$ On retient <u>un fusible de 16 Ampères et 1000VDC</u>	Fusible de protection des branches : Tension assignée $U_f > 1.15 * U_{OC} * NS$ où NS= nombre de panneau en série Tension assignée $U_f > 1.15 * 47.4 * 7 = 381.6 \text{ volt}$ $1.5 * I_{cc} < \text{calibre fusible} < 2 * I_{cc}$ $1.5 * 10.24 < \text{calibre fusible} < 2 * 10.24$ $15.36 \text{ A} < \text{calibre fusible} < 20.48 \text{ Ampère}$ On retient un <u>fusible de 16 Ampères et 1000VDC</u>
Fusible de protection générale : $1.5 * I_{cc} * N_{BP} < \text{calibre fusible général} < 2 * I_{cc} * N_{BP}$ Tension assignée $U_{f2} > 1.15 * U_{OC} * NS$ Comme on qu'une seule branche de 7 panneaux, le seul fusible de <u>16 Ampères et 1000VDC est suffisant</u>	Fusible de protection générale : $1.5 * I_{cc} * N_{BP} < \text{calibre fusible général} < 2 * I_{cc} * N_{BP}$ Tension assignée $U_{f2} > 1.15 * U_{OC} * NS$ Comme on qu'une seule branche de 7 panneaux, le seul fusible de <u>16 Ampères et 1000VDC est suffisant</u>
Interrupteur sectionneur ou disjoncteur sectionneur Intensité nominale : $I_{nominal} \geq 1.5 * I_{cc} * N_{BP} \geq 1.5 * 10.24 \geq 15.36 \text{ A}$ Tension assignée $\geq 1.15 * U_{OC} * NS \geq 1.15 * 47.4 * 7 = 381.6 \text{ volts}$ On retient : <u>un disjoncteur sectionneur de 1000VDC, 16A</u>	Interrupteur sectionneur ou disjoncteur sectionneur Intensité nominale : $I_{nominal} \geq 1.5 * I_{cc} * N_{BP} \geq 1.5 * 10.24 \geq 15.36 \text{ A}$ Tension assignée $\geq 1.15 * U_{OC} * NS \geq 1.15 * 47.4 * 7 = 381.6 \text{ volts}$ On retient : <u>un disjoncteur sectionneur de 1000VDC, 16A</u>
Protection anti foudre : $U \geq 1.15 * U_{oc} * NS \geq 781.6 \text{ Volts DC}$ On retiendra : un <u>Parafoudre de type2, tension nominale 385VDC</u>	Protection anti foudre : $U \geq 1.15 * U_{oc} * NS \geq 781.6 \text{ Volts DC}$ On retiendra : un <u>Parafoudre de type2, tension nominale 385VDC</u>



e. Dimensionnement des câbles électriques

✚ Détermination de la section des câbles électrique.

La section des câbles se détermine par la relation : $\Delta U = R * I$; avec $R = \rho * 2L/S$ Alors, $\Delta U = \rho * 2L/S * I$; d'où :

$$S(\text{mm}^2) = \frac{\rho * I * 2L}{\Delta U * U}$$

- ✓ ΔU = représente la chute de tension entre les panneaux et le contrôleur de la pompe. Cette chute ne doit pas dépasser 3% de la tension du système installé et pour une longueur de 10m
- ✓ U est la Tension à puissance maximale du générateur PV obtenu dans les conditions (STC)
- ✓ L = longueur des câbles
- ✓ ρ = est la résistivité du conducteur (0.017 $\Omega/\text{mm}^2/\text{m}$ ici les câbles sont en cuivre)
- ✓ I est le courant à puissance maximale du système installée (I_{cc} pour les panneaux en série et $I_{cc} * \text{Nombre de branche parallèle jusqu'au contrôleur}$)

	Courant du tronçon (A)	Longueur du tronçon (m)	Tension du tronçon (volt)	Chute de tension	Section calculée (mm ²)	Section retenue (mm ²)
Branche 1	10,24	1,000	331,8	9,954	0,035	2*1,5 mm²
Branche 2	0	0,000	0	0	0,000	0 mm²
Sortie des branches-vers contrôleur	10,24	15,000	331,8	9,954	0,525	2*1,5 mm²
Contrôleur vers la pompe	10,24	120,000	375	11,25	3,714	3*4 mm²
Cable de mise à la terre			1000		16,000	1*16 mm²



f. Dimensionnement des supports des panneaux

Données de base :

▪ Le site d'installation du système se caractérise par :

- Coordonnée géographique :
- Longitude ouest : 13.0888°
- Latitude nord : 12.2040°
- Vitesse du vent : 2.5m/s

▪ Hypothèses de calculs :

- Tous les panneaux seront orientés en plein sud
- Angle d'inclinaison des panneaux : 12°
- Nombre de panneaux solaires de 1980mmx100mcm à installer : 7
- Les panneaux solaires ont 23kg chacun et 360Wc
- Type d'installation : au sol sur une structure métallique posée sur des plots en béton ;
- Structure métallique : acier galvanisé de 40x40x2mm
- Nombre de pieds : 8 dont 4 pieds courts à l'avant et 4 pieds à l'arrière
- Hauteur des pieds courts : 1.15m
- Hauteur des plots en béton : 50cm enterrés et 30cm hors sol.
- Vitesse du vent : Vents extrêmes de 3 fois plus puissant que le vent dans le site. soit $V=3*2.5=7.5\text{m/s}$

▪ Calculs

✚ Hauteur des pieds avant : $H_1 = 1.15\text{m}$

✚ Hauteur des pieds arrière : $H_2 = H_1 + L * \sin(12^\circ) = 1.15 + 0.41 = 1.56\text{m}$

Avec L, est la longueur du panneau solaire

✚ Force du vent extrême (arrachement)

$$F = \frac{1}{2} * \rho * V^2 * \text{Surface Panneaux}$$

$$F = 0.5 * 1.225 * 7.5^2 * (7 * 1.98 * 1.002) = 478.5\text{N}$$

En prenant un coefficient de sécurité de 20%, la force d'arrachement des panneaux due au vent sera : $F_{\text{vent}} =$

$$212.66 * 1.2 = 574.20\text{N}$$



- ✚ Poids propre des panneaux : $P1 = N * 23 = 7 * 23 \text{ kg} = 161 \text{ Kg}$
- ✚ Poids de la structure métallique en acier galvanisé y compris les boulons : P2
Supposons **P2 = 100kg**

- ✚ Chaque plot en béton recevra un poids P3
$$P3 = \frac{P1 + P2 + F}{\text{Nombre de plots}} = \frac{(261 * 9.81 + 574.20)}{8} = 392 \text{ N} = 0.392 \text{ KN}$$

✚ Déterminons la section S des plots :

$$S = \frac{P3}{\sigma_{\text{sol sable meuble non consolidé}} (50 \text{ kN par m}^2)} = \frac{0.392 \text{ KN}}{50} = 0.00784 \text{ m}^2$$

Section calculée $0.00784 \text{ m}^2 = 0.09 \text{ m} \times 0.09 \text{ m} = 9 \text{ cm} \times 9 \text{ cm}$

On prendra des plots de section 20cm x 20cm et de hauteur 80cm

g. Vérification de la stabilité de la structure contre l'arrachement dû au vent

- ✓ Poids total des plots en béton :

$$P3 = 8 * \rho_{\text{béton}} * V_{\text{volume béton}} = 8 * 2400 * (0.2 * 0.2 * 0.8) = 614.4 \text{ kg}$$

$$P3 = 614.4 * 9.81 = 6027.3 \text{ N}$$

- ✓ Force de frottement sol-béton

$$F_f = \text{coefficient frottement} \times P3 = 0.5 * 6027.3 = 3014 \text{ N}$$

- ✚ Calcul de la Résistance au soulèvement de la structure (Rs)

Rs = poids des plots + forces de frottement béton-sol

$$\mathbf{Rs = P3 + F_f = 6027 + 3014 = 9041 \text{ N}}$$

On voit que R est beaucoup supérieur à **574.20N** (force d'arrachement dû à un vent extrême de 7.5m/s).

✚ Calcul de la résistance à l'arrachement des panneaux (Ra)

Ra = δ * surface tube scellés dans le béton. Avec :

$\delta = 1.5 \text{ MPa} = 1.5 * 10^6 \text{ Pa}$ = adhérence béton et tube acier galvanisé

Surface tube scellés dans le béton = périmètre tube * hauteur scellement

Surface tube scellés dans le béton = $4 * 0.04 * 0.5 = 0.08 \text{ m}^2$

Ra = δ * surface tube scellés dans le béton

$$Ra = 1.5 * 1\,000\,000 * 0.08 = 120\,000 \text{ N}$$

Ra > F_{vent} OK

✚ Resistance au basculement de l'installation (Rb)

✓ Calcul du moment de renversement de la structure.

M = F x h où h est la hauteur du centre d'application de la force du vent. Dans notre cas $h = H1 + \frac{L}{2} * \sin(12^\circ)$ ce qui correspond au centre du panneau

$$M = F * (H1 + \frac{L}{2} * \sin(12^\circ))$$

$$M = 574.20 * (1.15 + 0.21) = 780.912 \text{ Newtons mètre}$$

✓ . Calcul du moment résistant au renversement

$$Rb = (\text{Poids panneaux} + \text{structure métallique}) * H1$$

$$Rb = (161 + 100) * 9.81 * 1.15 = 2\,945 \text{ Nm}$$

Rb > M OK

h. Production d'eau mensuelle et annuelle

Production d'eau par mois	Surface irriguée (ha)	Besoins en eau (m3/jour)	Nombre de pompe de pompage journalier	Débit horaire m3/h	Q mensuel (m3)	Q annuel (janv-avril)
Station n1	0,9	100,8	4	25,2	3024	12 096
Station n2	1,6	187,2	4	46,8	5616	22 464
TOTAL	2,5	288		72	8640	34560



Annexe 6 : Analyse Economique

Pompage solaire : Investissement initial pour le pompage solaire

	Désignation	Unité	Quantité	Cout unitaire	Cout total
A	Travaux préparatoires				12 000 000 GNF
1	Défrichage et Pulvérisation	ha	2,5	300 000	750 000 GNF
2	Travaux de planage et de réalisation des casiers	ha	2,5	4 500 000	11 250 000 GNF
B	Stations de pompage				32 800 000 GNF
1	Électropompe de surface Lorentz PS2-4000 CS-F42 10-	u	2	11 400 000	22 800 000 GNF
2	Contrôleur de pompe	u	2	5 000 000	10 000 000 GNF
C	Fourniture et pose des Tuyauteries (Les accessoires hydrauliques : Tés, vannes, coudes, réducteur, bouchons etc) sont considérés comme des tuyauteries et leurs coûts sont intégrés dans les coûts des linéaires des tuyauteries à poser.)				69 100 000 GNF
1	Tuyau PVC PN10 DE63,	m	210	63 000	13 230 000 GNF
2	Tuyau PVC PN10 DE75	m	107	75 000	8 025 000 GNF
3	Tuyau PVC PN10 DE90	m	231	90 000	20 790 000 GNF
4	Tuyau PVC PN10 DE110	m	138	110 000	15 180 000 GNF
5	Tuyau PVC PN10 DE 125	m	95	125 000	11 875 000 GNF
D	Equipement solaire				80 000 000 GNF
1	Panneaux de 23kg et de 360Wc	U	14	3 000 000	42 000 000 GNF
2	Confection et Plots de 20cm x20cm x80cm en béton	U	16	125 000	2 000 000 GNF
3	Structure métallique (support des panneaux) en tube acier galvanisé de 40x40x2mm	Ensemble	2	15 000 000	30 000 000 GNF
4	Cable électrique souple 2*1.5mm²	m	60	5 000	300 000 GNF
5	Cable électrique souple 3*4mm²	m	300	10 000	3 000 000 GNF
6	Cable de mise à la terre 1*16mm²	m	60	30 000	1 800 000 GNF
7	Fusible gPV 16A, 1000 VDC	U	4	15 000	60 000 GNF
8	Disjoncteur-Sectionneur16A, 1000VDC	U	2	180 000	360 000 GNF
9	Parafoudre de type2, tension nominale 385VDC classe PV	U	2	240 000	480 000 GNF
E	Equipement de protection installation solaire				109 200 000
1	Clôture de protection des panneaux solaires	ml	80	125 000	10 000 000 GNF
2	Abris des pompes de surface	m²	36	325 000	11 700 000 GNF
3	Clôture de protection des cultures de contre saisons	ml	700	125 000	87 500 000 GNF
TOTAL GENERAL					303 100 000 GNF

Coûts additionnels

Calcul des coûts de la maintenance de l'installation solaire

Le calcul du cout de la maintenance annuelle est basé sur un pourcentage choisi par rapport à l'investissement initial. Ce pourcentage varie ici entre 0 et 5% et nous utiliserons 1.5% dans notre calcul.

Calcul des coûts de renouvellement

Il est calculé sur la base du nombre fois qu'on renouvellement les équipements sur une durée total de 20 ans. Le tableau ci-dessous donne récapitulatifs des calculs.

Désignation Equipment	Unités	Durée de vie	Invest initial	Cout de la maintenance annuelle		Cout d'exploitation annuel	Renouvellement sur 20ans	
Travaux préparatoires								
Travaux préparatoires pour les cultures			12 000 000	5,0%	600 000	0 GNF		0
Stations de pompage								
Electropompe de surface et son contrôleur	Année	7	32 800 000	0,5%	164 000	0 GNF	2,00 fois	65 600 000
Tuyauteries PVC	Année	30	69 100 000	0,5%	345 500	0 GNF	0,00fois	0
Panneaux de 23kg et de 360Wc	Année	20	42 000 000	0,5%	210 000	0 GNF	0,00 fois	0
Plots de 20cm x20cm x80cm en béton	Année	30	2 000 000	0,1%	2 000	0 GNF	0,00 fois	0
Structure métallique (support des panneaux) en tube acier galvanisé de 40x40x2mm	Année	30	30 000 000	0,1%	30 000	0 GNF	0,00 fois	0
Cable électrique souple et autres équipements de protection	Année	20	6 000 000	1,5%	90 000	0 GNF	0,00 fois	0
Clôture de protection des panneaux solaires (grillage galvanisé)	Année	15	10 000 000	1,5%	150 000	0 GNF	1,00 fois	10 000 000
Abris des pompes de surface	Année	15	11 700 000	1,5%	175 500	0 GNF	1,00 fois	11 700 000
Clôture de protection des cultures de contre saisons (grillage galvanisé)	Année	15	87 500 000	2,0%	1 750 000	0 GNF	1,00 fois	87 500 000
TOTAL			303 100 000		3 517 000	0 GNF		174 800 000



Analyse Economique du système PV **pour un taux d'actualisation de r=8%**

Année (n)	Investissement	Renouvellement	Coût annuel de maintenance	Coût annuel d'Exploitation	Total dépenses annuelles	Production annuelle d'eau (m3)	Dégradation annuelle des performances de l'installation	Production nette d'Eau	Taux d'actualisation annuelle (r)	Coef d'actual (1+r)^n	Coût annuel actualisé (Ct)	Production d'Eau annuelle actualisée (Vt)
0	303 100 000		0	0	303 100 000	34 560	100%	34 560	8.0%	1.000	303 100 000	34 560
1			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 543	8.0%	1.080	3 256 481	31 984
2			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 525	8.0%	1.166	3 015 261	29 600
3			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 508	8.0%	1.260	2 791 908	27 394
4			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 491	8.0%	1.360	2 585 100	25 352
5			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 474	8.0%	1.469	2 393 611	23 462
6			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 456	8.0%	1.587	2 216 307	21 713
7		32 800 000		0	32 800 000	34 560	0,05%	34 439	8.0%	1.714	19 138 485	20 095
8			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 422	8.0%	1.851	1 900 126	18 597
9			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 405	8.0%	1.999	1 759 376	17 211
10			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 388	8.0%	2.159	1 629 051	15 928
11			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 370	8.0%	2.332	1 508 381	14 741
12			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 353	8.0%	2.518	1 396 649	13 642
13			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 336	8.0%	2.720	1 293 194	12 625
14		32 800 000	0	0	32 800 000	34 560	0,05%	34 319	8.0%	2.937	11 167 122	11 684
15		109 200 000	2 908 500	0	112 108 500	34 560	0,05%	34 302	8.0%	3.172	35 341 275	10 813
16			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 285	8.0%	3.426	1 026 579	10 007
17			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 267	8.0%	3.700	950 536	9 261
18			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 250	8.0%	3.996	880 126	8 571
19			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 233	8.0%	4.316	814 931	7 932
20			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 216	8.0%	4.661	754 566	7 341
total	303 100 000	174 800 000	62 697 500	0	540 597 500	691 200					398 919 064	372 515

LCOE =398 919 064/372 515 = 1 071 GNF/m3 d'eau pompée



Analyse Economique du système PV pour un taux d'actualisation de $r=12\%$

Année (n)	Investissement	Renouvellement	Coût annuel de maintenance	Coût annuel d'Exploitation	Total dépenses annuelles	Production annuelle d'eau (m3)	Dégradation annuelle des performances de l'installation	Production nette d'Eau	Taux d'actualisation annuelle (r)	Coef d'actual (1+r)^n	Coût annuel actualisé (Ct)	Production d'Eau annuelle actualisée (Vt)
0	303 100 000		0	0	303 100 000	34 560	100%	34 560	12.0%	1.000	303 100 000	34 560
1			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 543	12.0%	1.120	3 140 179	30 842
2			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 525	12.0%	1.254	2 803 731	27 523
3			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 508	12.0%	1.405	2 503 331	24 562
4			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 491	12.0%	1.574	2 235 117	21 920
5			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 474	12.0%	1.762	1 995 640	19 561
6			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 456	12.0%	1.974	1 781 822	17 457
7		32 800 000		0	32 800 000	34 560	0,05%	34 439	12.0%	2.211	14 837 054	15 579
8			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 422	12.0%	2.476	1 420 457	13 902
9			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 405	12.0%	2.773	1 268 265	12 407
10			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 388	12.0%	3.106	1 132 380	11 072
11			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 370	12.0%	3.479	1 011 053	9 881
12			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 353	12.0%	3.896	902 726	8 818
13			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 336	12.0%	4.363	806 006	7 869
14		32 800 000	0	0	32 800 000	34 560	0,05%	34 319	12.0%	4.887	6 711 530	7 022
15		109 200 000	2 908 500	0	112 108 500	34 560	0,05%	34 302	12.0%	5.474	20 481 804	6 267
16			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 285	12.0%	6.130	573 699	5 593
17			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 267	12.0%	6.866	512 231	4 991
18			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 250	12.0%	7.690	457 349	4 454
19			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 233	12.0%	8.613	408 348	3 975
20			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 216	12.0%	9.646	364 596	3 547
total	303 100 000	174 800 000	62 697 500	0	540 597 500	691 200					368 447 318	291 800

$LCOE = 368\,447\,318 / 291\,800 = 1\,263 \text{ GNF/m}^3 \text{ d'eau pompée}$



Analyse Economique du système PV pour un taux d'actualisation de $r=18\%$

Année (n)	Investissement	Renouvellement	Coût annuel de maintenance	Coût annuel d'Exploitation	Total dépenses annuelles	Production annuelle d'eau (m3)	Dégradation annuelle des performances de l'installation	Production nette d'Eau	Taux d'actualisation annuelle (r)	Coef d'actual (1+r)^n	Coût annuel actualisé (Ct)	Production d'Eau annuelle actualisée (Vt)
0	303 100 000		0	0	303 100 000	34 560	100%	34 560	18.0%	1.000	303 100 000	34 560
1			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 543	18.0%	1.180	2 980 508	29 273
2			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 525	18.0%	1.392	2 525 855	24 796
3			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 508	18.0%	1.643	2 140 555	21 003
4			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 491	18.0%	1.939	1 814 029	17 790
5			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 474	18.0%	2.288	1 537 313	15 069
6			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 456	18.0%	2.700	1 302 808	12 764
7		32 800 000		0	32 800 000	34 560	0,05%	34 439	18.0%	3.185	10 296 741	10 811
8			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 422	18.0%	3.759	935 656	9 158
9			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 405	18.0%	4.435	792 929	7 757
10			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 388	18.0%	5.234	671 974	6 570
11			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 370	18.0%	6.176	569 469	5 565
12			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 353	18.0%	7.288	482 601	4 714
13			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 336	18.0%	8.599	408 984	3 993
14		32 800 000	0	0	32 800 000	34 560	0,05%	34 319	18.0%	10.147	3 232 405	3 382
15		109 200 000	2 908 500	0	112 108 500	34 560	0,05%	34 302	18.0%	11.974	9 362 858	2 865
16			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 285	18.0%	14.129	248 920	2 427
17			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 267	18.0%	16.672	210 949	2 055
18			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 250	18.0%	19.673	178 771	1 741
19			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 233	18.0%	23.214	151 501	1 475
20			3 517 000	0	3 517 000	34 560	0,05%	34 216	18.0%	27.393	128 390	1 249
total	303 100 000	174 800 000	62 697 500	0	540 597 500	691 200					343 073 216	219 016

$$\text{LCOE} = 343\,073\,216 / 219\,016 = 1\,566 \text{ GNF/m}^3 \text{ d'eau pompée}$$



Pompage thermique Dimensionnement de la motopompe

Données :

Production d'eau par mois	Surface irriguée (ha)	Besoins en eau (m3/jour)	Nombre de pompe de pompage journalier	Débit horaire m3/h	Q mensuel (m3)	Q annuel (janv-avri)
Zone sud de la plaine	0,9	100,8	4	25,2	3024	12 096
Zone nord de la plaine	1,6	187,2	4	46,8	5616	22 464
TOTAL	2,5	288		72	8640	34 560

Pour un pompage thermique, on prendra un débit $Q = 72/3 = 24 \text{ m}^3/\text{h}$ et $HMT = 10 \text{ m}$

Calculs :

✓ Puissance hydraulique de la motopompe

Phydraulique = $\rho \cdot g \cdot Q \cdot Hmt$ Avec $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$, $g=9,81 \text{ m/s}^2$,
 P hydraulique = $1000 \cdot 9.81 \cdot 24/3600 \cdot 10 = 654 \text{ Watt} = 0.654 \text{ Kilo watt}$

✓ Puissance du moteur

$$P_{\text{moteur}} = \frac{\text{Puissance hydraulique}}{\text{rendement du groupe pompe – moteur } (\eta)}$$

- Pour $\eta = 40\%$ $P_{\text{moteur}} = 0.654/0.40 = 1.64 \text{ KW}$
- Pour $\eta = 50\%$ $P_{\text{moteur}} = 0.654/0.50 = 1.31 \text{ Kw}$
- Pour $\eta = 60\%$ $P_{\text{moteur}} = 0.654/0.60 = 1.10 \text{ Kw}$
- Pour $\eta = 70\%$ $P_{\text{moteur}} = 0.654/0.70 = 0.934 \text{ Kw}$

Le moteur doit avoir une puissance théorique comprise entre 1Kw et 2 Kw.

Dans la pratique, au démarrage, le moteur développe une puissance 3 fois supérieur à celle de son fonctionnement normal. Donc le moteur doit avoir une puissance de 3 à 6Kw.

Nous choisirons donc, la Motopompe SDMO auto amorçante équipée avec un moteur KOHLER diesel conçu pour des eaux très chargées contenant des particules solides en suspension jusqu'à 20 mm.

Les besoins en eau de la plaine étant de 72m3/h, on retiendra 3 motopompes de type ci-dessous.

	Type liquide : Pompage d'eaux très chargées Diamètre d'aspiration : 76 mm Diamètre de refoulement : 76 mm Débit maximum : 1083,33 L/min Débit maximum : 65 m3/h Hauteur d'élévation : 25 mètres Hauteur d'aspiration : 8 mètres Amorçage automatique : Oui Carburant : Gasoil Réservoir : 4,30 litres Conso. 75% : 1,40 L/h Autonomie 75% : 3,10 heures Puissance acoustique garanti : 110 LwA dB(A)
Dimensions et poids : Longueur : 71,5 cm, Largeur : 57 cm, Hauteur : 59 cm Poids : 67 kg Diamètres : Aspiration : 76mm Refoulement : 76mm	Caractéristiques du moteur : Marque du moteur : KOHLER DIESEL Référence du moteur : KD350 Démarrage : Lanceur Cylindrée : 349 cm3 Capacité huile : 1,20 litre Puissance du moteur : 5,1 kW (kilowatts)



Investissement initial pour le pompage thermique

	Désignation	unité	quantité	cout unitaire	cout total
0	Travaux préparatoires				12 000 000 GNF
	Défrichage et Pulvérisation	ha	2,5	300 000	750 000 GNF
	Travaux de plannage et de réalisation des casiers	ha	2,5	4 500 000	11 250 000 GNF
1	Stations de pompage				49 500 000 GNF
	Motopompe SDMO Auto amorçante KOHLER DIESEL moteur : KD350	u	3	16 000 000	48 000 000 GNF
	Accessoires de raccordement	u	3	500 000	1 500 000 GNF
2	Fourniture et pose des Tuyauteries				72 700 000 GNF
	Tuyau PVC PN10 DE63,	m	210	63 000	13 230 000 GNF
	Tuyau PVC PN10 DE75	m	107	75 000	8 025 000 GNF
	Tuyau PVC PN10 DE90	m	231	90 000	20 790 000 GNF
	Tuyau PVC PN10 DE90 (compléments de tuyauterie)	m	40	90 000	3 600 000 GNF
	Tuyau PVC PN10 DE110	m	138	110 000	15 180 000 GNF
	Tuyau PVC PN10 DE 125	m	95	125 000	11 875 000 GNF
3	Equipement de protection installation solaire				99 200 000 GNF
	Abris des pompes de surface	m ²	36	325 000	11 700 000 GNF
	Clôture de protection des cultures de contre saisons	ml	700	125 000	87 500 000 GNF
TOTAL GENERAL					233 400 000 GNF

Calcul des couts additionnels

Calcul des coûts de la maintenance

Le calcul du coût de la maintenance annuelle est basé sur un pourcentage choisi par rapport à l'investissement initial. Ce pourcentage varie ici entre 0 et 5% comme illustré dans le tableau ci-dessous.

Désignation	unité	durée de vie	Investissement initial	Cout de la maintenance annuelle	
Travaux préparatoires					
Travaux préparatoires pour les cultures	Année		12 000 000	5,0%	600 000 GNF
Motopompe SDMO et Accessoires de raccordement	Année	5	49 500 000	4,0%	1 980 000 GNF
Fourniture et pose des Tuyauteries	Année	30	72 700 000	0,5%	363 500 GNF
Abris des pompes de surface	Année	15	11 700 000	1,5%	175 500 GNF
Clôture de protection des cultures de contre saisons	Année	15	87 500 000	2,0%	1 750 000 GNF
TOTAL GENERAL			233 400 000	4 869 000	

Calculs des coûts d'exploitation

Le cout d'exploitation annuelle de la motopompe SDMO auto amorçante équipée avec un moteur KOHLER concerne le cout du gasoil, le coût des lubrifiants en se basant sur les informations de la fiche technique ainsi que les coûts liés aux pièces de rechange à partir de la seconde année d'exploitation.

Carburant : Gasoil Réservoir : 4,30 litres ; Consommation 75% : 1,40 L/h, Autonomie 75% : 3,10 heures, Capacité huile : 1,20 litre

Carburant : la consommation annuelle est de : 1.4 litre x 4heures de pompage x 365 jour =2 044 litres au prix de 12 000 GNF. Soit 24 528 000GNF. Pour les 3 motopompe, le coût du carburant est de 73 584 000Gnf.

Lubrifiant : on opte pour une vidange à la fin de chaque mois. Ainsi, on a : 1.2 litre *12 mois=14.4 litres au prix de 45000 GNF par litre. Soit 648 000 GNF. Pour les 3 motopompe, le coût du lubrifiant est de 1 944 000Gnf.

Pièces de rechange : on l'estime à 10% des coûts du carburant et des lubrifiants annuels. Soit $10\% \times (73\,584\,000 + 1\,944\,000) = 7\,552\,800$ GNF/an à partir de la seconde année d'exploitation.

Ainsi le coût d'exploitation est de 75 528 000 GNF à la 1ere année puis de 83 080 000 GNF pour chaque année supplémentaire.



Calcul des coûts de renouvellement

Il est calculé sur la base du nombre fois qu'on renouvellement les équipements sur une durée total de 20 ans. Le tableau ci-dessous donne récapitulatifs des calculs.

Désignation	Unité	Durée de vie	Investissement initial en GNF	Renouvellement 5 ^e Année	Renouvellement 10 ^e Année	Renouvellement 15 ^e Année	Renouvellement 20 ^e Année
Travaux préparatoires							
Travaux préparatoires pour les cultures	Année		12 000 000	0	0	0	0
Motopompe SDMO et Accessoires de raccordement	Année	5	35 700 000	35 700 000	35 700 000	35 700 000	0
Fourniture et pose des Tuyauteries	Année	30	72 700 000	0	0	0	0
Equipement de protection installation thermique	Année	15	99 200 000	0	0	99 200 000	0
TOTAL			219 600 000	35 700 000		134 900 000	0



Analyse Economique du THERMIQUE pour un taux d'actualisation de $r=8\%$

Année (n)	Investissement	Renouvellement	Coût annuel de maintenance	Coût annuel d'Exploit	Total dépenses annuelle	Production annuelle d'eau (m3)	Dégradation annuelle des performances de l'installation	Production nette d'Eau	taux d'actualisation annuel (r)	Coef d'actual (1+r)^n	Cout annuel actualisé (Ct)	Production d'Eau annuelle actualisée (Vt)
0	233 400 000		0		233 400 000	34 560	100%	34 560	8.0%	1.000	233 400 000	34 560
1	0	0	4 869 000	75 528 000	80 397 000	34 560	0,05%	34 543	8.0%	1.080	74 441 667	31 984
2	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 525	8.0%	1.166	75 402 778	29 600
3	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 508	8.0%	1.260	69 817 387	27 394
4	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 491	8.0%	1.360	64 645 729	25 352
5	0	35 700 000	0	83 080 800	118 780 800	34 560	0,05%	34 474	8.0%	1.469	80 840 217	23 462
6	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 456	8.0%	1.587	55 423 293	21 713
7	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 439	8.0%	1.714	51 317 864	20 095
8	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 422	8.0%	1.851	47 516 540	18 597
9	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 405	8.0%	1.999	43 996 797	17 211
10	0	35 700 000	0	83 080 800	118 780 800	34 560	0,05%	34 388	8.0%	2.159	55 018 493	15 928
11	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 370	8.0%	2.332	37 720 162	14 741
12	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 353	8.0%	2.518	34 926 076	13 642
13	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 336	8.0%	2.720	32 338 959	12 625
14	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 319	8.0%	2.937	29 943 480	11 684
15	0	134 900 000	0	83 080 800	217 980 800	34 560	0,05%	34 302	8.0%	3.172	68 716 639	10 813
16	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 285	8.0%	3.426	25 671 708	10 007
17	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 267	8.0%	3.700	23 770 100	9 261
18	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 250	8.0%	3.996	22 009 352	8 571
19	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 233	8.0%	4.316	20 379 030	7 932
20	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 216	8.0%	4.661	18 869 472	7 341
total	233 400 000	206 300 000	82 773 000	1654063200	2 176 536 200	691 200		722 143			1166165741	372 515
LCOE m³ =											3 131 Gnf/m³ d'eau	



Analyse Economique du THERMIQUE pour un taux d'actualisation de $r=12\%$

Année (n)	Investissement	Renouvellement	Coût annuel de maintenance	Coût annuel d'Exploit	Total dépenses annuelle	Production annuelle d'eau (m3)	Dégradation annuelle des performances de l'installation	Production nette d'Eau	taux d'actualisation annuel (r)	Coef d'actual (1+r)^n	Coût annuel actualisé (Ct)	Production d'Eau annuelle actualisée (Vt)
0	233 400 000		0		233 400 000	34 560	100%	34 560	12.0%	1.000	233 400 000	34 560
1	0	0	4 869 000	75 528 000	80 397 000	34 560	0,05%	34 543	12.0%	1.120	71 783 036	30 842
2	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 525	12.0%	1.254	70 113 042	27 523
3	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 508	12.0%	1.405	62 600 930	24 562
4	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 491	12.0%	1.574	55 893 688	21 920
5	0	35 700 000	0	83 080 800	118 780 800	34 560	0,05%	34 474	12.0%	1.762	67 399 416	19 561
6	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 456	12.0%	1.974	44 558 106	17 457
7	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 439	12.0%	2.211	39 784 023	15 579
8	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 422	12.0%	2.476	35 521 449	13 902
9	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 405	12.0%	2.773	31 715 580	12 407
10	0	35 700 000	0	83 080 800	118 780 800	34 560	0,05%	34 388	12.0%	3.106	38 244 239	11 072
11	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 370	12.0%	3.479	25 283 466	9 881
12	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 353	12.0%	3.896	22 574 523	8 818
13	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 336	12.0%	4.363	20 155 824	7 869
14	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 319	12.0%	4.887	17 996 272	7 022
15	0	134 900 000	0	83 080 800	217 980 800	34 560	0,05%	34 302	12.0%	5.474	39 824 277	6 267
16	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 285	12.0%	6.130	14 346 518	5 593
17	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 267	12.0%	6.866	12 809 391	4 991
18	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 250	12.0%	7.690	11 436 956	4 454
19	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 233	12.0%	8.613	10 211 568	3 975
20	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 216	12.0%	9.646	9 117 471	3 547
total	233 400 000	206 300 000	82 773 000	1654063200	2 176 536 200	691 200		722 143			934 769 773	291 800
LCOE m³ =											3 203 Gnf/m3 d'eau	



Analyse Economique du THERMIQUE pour un taux d'actualisation de $r=18\%$

Année (n)	Investissement	Renouvellement	Coût annuel de maintenance	Coût annuel d'Exploit	Total dépenses annuelle	Production annuelle d'eau (m3)	Dégradation annuelle des performances de l'installation	Production nette d'Eau	taux d'actualisation annuel (r)	Coef d'actual (1+r)^n	Cout annuel actualisé (Ct)	Production d'Eau annuelle actualisée (Vt)
0	233 400 000		0		233 400 000	34 560	100%	34 560	18.0%	1.000	233 400 000	34 560
1	0	0	4 869 000	75 528 000	80 397 000	34 560	0,05%	34 543	18.0%	1.180	68 133 051	29 273
2	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 525	18.0%	1.392	63 164 177	24 796
3	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 508	18.0%	1.643	53 528 964	21 003
4	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 491	18.0%	1.939	45 363 528	17 790
5	0	35 700 000	0	83 080 800	118 780 800	34 560	0,05%	34 474	18.0%	2.288	51 920 182	15 069
6	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 456	18.0%	2.700	32 579 380	12 764
7	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 439	18.0%	3.185	27 609 644	10 811
8	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 422	18.0%	3.759	23 398 003	9 158
9	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 405	18.0%	4.435	19 828 816	7 757
10	0	35 700 000	0	83 080 800	118 780 800	34 560	0,05%	34 388	18.0%	5.234	22 694 790	6 570
11	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 370	18.0%	6.176	14 240 747	5 565
12	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 353	18.0%	7.288	12 068 430	4 714
13	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 336	18.0%	8.599	10 227 483	3 993
14	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 319	18.0%	10.147	8 667 358	3 382
15	0	134 900 000	0	83 080 800	217 980 800	34 560	0,05%	34 302	18.0%	11.974	18 204 893	2 865
16	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 285	18.0%	14.129	6 224 762	2 427
17	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 267	18.0%	16.672	5 275 222	2 055
18	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 250	18.0%	19.673	4 470 527	1 741
19	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 233	18.0%	23.214	3 788 582	1 475
20	0	0	4 869 000	83 080 800	87 949 800	34 560	0,05%	34 216	18.0%	27.393	3 210 663	1 249
total	233 400 000	206 300 000	82 773 000	1654063200	2 176 536 200	691 200		722 143			727 999 203	219 016
LCOE m³ =											3 324 Gnf/m3 d'eau	



Bibliographie

- GIZ & Ministère de l'Énergie – Atlas du potentiel solaire en Guinée, 2021.
- EDG / Ministère de l'Énergie – Rapport annuel de suivi des projets, 2023. edg.com.gn
- Banque Mondiale – Projet d'accès à l'énergie hors réseau – composante solaire, 2022.
- PNER (Programme National d'Électrification Rurale) – Plan d'action actualisé 2024.
- Cours de conception et dimensionnement en énergie solaire photovoltaïque, 2iE 2024
- Cours d'hydraulique Agricole ETSHER, 22e promotion ;
- Ministère de l'Énergie, de l'Hydraulique et des Hydrocarbures (MEHH) : <https://mehh.gov.gn>
- Système d'Information Énergétique de Guinée (SIE Guinée) : <https://www.sieguinee-dne.org>
- L'accès à l'énergie en République de Guinée : <https://leverificateur.net/laces-a-lenergie-en-republique-de-guinee-par-mamadou-dioulde-sow/>
- L'accès à l'énergie, un levier pour accélérer la réalisation des objectifs de développement durable en Guinée : <https://guinee.un.org/fr/274963-lacc%C3%A8s-%C3%A0-l%C3%A9nergie-un-levier-pour-acc%C3%A9l%C3%A9rer-la-r%C3%A9alisation-des-objectifs-de-d%C3%A9veloppement>
- https://faolex.fao.org/docs/pdf/Gui173939.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Électricité de guinée : https://edg.com.gn/cadre-institutionnel/?utm_source=chatgpt.com
- https://africa-energy-portal.org/fr/eri/country/guinea?utm_source=chatgpt.com
- https://forumdeparis.blogspot.com/2007/10/fiches-sectorielles-energie.html?utm_source=chatgpt.com
- Guide du Pompage Solaire pour l'Irrigation Agricole : https://www.amee.ma/sites/default/files/inline-files/Guide_PsIA_FR_v6.pdf
- Chat GPT : comme appui méthodologique