ÉTUDE TECHNICO-ÉCONOMIQUE D'UN SYSTÈME HYBRIDE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE/GROUPE ÉLECTROGÈNE POUR L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE D'UN DISPOSITIF DE POMPAGE D'EAU POTABLE DANS LE VILLAGE DE PAYA EN RÉPUBLIQUE DE GUINÉE

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

SPÉCIALITÉ GÉNIE ÉLECTRIQUE ET ÉNERGÉTIQUE

Présenté et soutenu publiquement le 21/01/2026 par

Mamadou OUATTARA (20180164)

Encadrant 2iE : Pr Y. Moussa SORO, Chef de département Génie Électrique Énergétique et Industriel de 2iE

Maître de stage : M. Thomas SOULAMA, Ingénieur chargé d'affaires de MTK-Services Guinée

Jury d'évaluation du stage :

Président du jury: Dr (M.C.) Sayon Dit Sadio SIDIBE

Examinateur 1 : Dr Komlan H. S. TETE

Examinateur 2 : Dr (M.C.) Daniel YAMEGUEU NGUEWO

Promotion 2025./2026

DÉDICACES

Je dédie ce mémoire à toutes celles et ceux qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de mon parcours académique.

Tout d'abord, à ma mère Awa COULIBALY (que la terre lui soit légère), dont le souvenir demeure pour moi une source inestimable de motivation et de persévérance. À mon père Souleymane OUATTARA ainsi qu'à mes frères, Idrissa et Aboulaye, pour leur soutien indéfectible, leurs sacrifices et la confiance qu'ils ont toujours placée en moi, lesquels ont constitué une force constante dans mon cheminement.

Je remercie également l'ensemble de ma famille élargie pour leurs encouragements, leurs prières et leur patience. Votre foi en mon potentiel a été un véritable moteur, particulièrement dans les moments les plus éprouvants.

Ma profonde gratitude s'adresse aussi à mes professeurs et encadrants pour leurs conseils avisés, leur transmission de savoir et les opportunités qu'ils m'ont offertes. Leur engagement et leur expertise ont joué un rôle déterminant dans l'aboutissement de ce travail.

Enfin, je témoigne toute ma reconnaissance à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

CITATION

« À force de travail et de persévérance, on conquiert sa liberté. »

-Nelson Mandela

Cette citation illustre parfaitement mon parcours académique et la réalisation de ce mémoire. Elle rappelle que la liberté, qu'elle soit intellectuelle, professionnelle ou personnelle, n'est jamais donnée, mais se conquiert grâce à l'effort soutenu et à la persévérance face aux défis.

Ce travail symbolise l'aboutissement de plusieurs années d'apprentissage, de sacrifices et de détermination. Chaque étape franchie, depuis les premières notions acquises jusqu'à la mise en œuvre réelle de ce projet, a été guidée par la volonté d'avancer et de me rapprocher de mon objectif : devenir un ingénieur capable d'apporter des solutions concrètes et durables dans le domaine de l'énergie.

Ainsi, comme le souligne Nelson Mandela, c'est par la rigueur, la résilience et l'engagement que l'on parvient à se libérer des défis et à se forger un avenir à la hauteur de ses ambitions. Ce mémoire représente donc non seulement une étape clé de ma formation, mais aussi un symbole de cette liberté conquise à travers le travail.

REMERCIEMENTS

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement **(2iE)** pour la qualité de la formation dispensée ainsi que pour l'opportunité qui m'a été offerte de réaliser ce mémoire dans le cadre de mon parcours académique.

Mes remerciements s'adressent particulièrement au **Professeur El Hadji Bamba DIAW**, Directeur Général de l'institut 2iE. Mon passage au sein de cette institution a constitué une étape essentielle dans mon développement personnel et professionnel. Je suis sincèrement reconnaissant pour l'accompagnement, les ressources et les nombreuses opportunités mises à ma disposition tout au long de ma formation.

Je tiens également à remercier **le Professeur Y. Moussa SORO**, Chef du département du Génie Électrique, Énergétique et Industriel (GEEI) et encadrant de ce mémoire. Son soutien constant, ses conseils avisés et la rigueur de son suivi ont été déterminants pour la réalisation de ce travail. Malgré ses nombreuses responsabilités au sein de l'Institut, il a su m'accorder du temps, partager son expertise et formuler des observations constructives qui ont largement contribué à la qualité de ce mémoire. Je lui exprime toute ma reconnaissance pour son engagement et son accompagnement précieux.

Ma gratitude s'étend enfin à Monsieur **Thierry MENIGAULT**, Président-Directeur Général de l'entreprise MTK-Services, ainsi qu'à Monsieur **Thomas SOULAMA**, mon encadrant en entreprise, pour leur disponibilité et leur accompagnement. Je remercie également l'ensemble du **personnel de MTK-Services** pour leur accueil chaleureux et leur collaboration exemplaire, qui ont grandement facilité la concrétisation de ce projet.

RÉSUMÉ

Le village de Kpaya, situé dans la sous-préfecture de Samoé en Guinée, connaît des difficultés d'accès à l'eau potable et à l'énergie, ce qui limite son développement socio-économique. Ce mémoire s'inscrit dans le cadre du projet PAEPA-NLY et vise à concevoir et dimensionner un système hybride (solaire photovoltaïque/groupe électrogène) pour alimenter un dispositif de pompage fiable et durable.

Les besoins journaliers en eau ont été estimés à 117 m³/j en 2025 et 136 m³/j en 2040, avec un Débit Journalier Retenu (DJR) de 105 m³/j. Le forage présente un débit d'exploitation de 22 m³/h. Une pompe immergée Grundfos SP18-5 (3 kW) et un réservoir en aluminium de 80 m³ ont été choisis. Le système énergétique repose sur un champ photovoltaïque de 5,7 kWc), un variateur de fréquence VACON 100X (5,5 kW) et un groupe électrogène SDMO Diesel de 10 kVA en secours.

La simulation sur le logiciel PVGIS indique un indice de performance (PR) de 82,8 %, un productible de 1546,52 kWh/kWc/an et une production annuelle de 8815,19 kWh (24,17 kWh/jour) pour une irradiation annuelle de 1867,73 kWh/an.

Sur le plan économique, le coût global du projet est estimé à 248 646 €, comprenant un CAPEX de 224 271 € et des OPEX sur 15 ans de 24 374 €, (soit 10,86 % du CAPEX). Les recettes prévisionnelles atteignent 287 438 €, ce qui confirme la rentabilité et la viabilité financière du projet.

L'analyse comparative des options énergétiques montre que le coût global (CAPEX et OPEX) de l'alimentation électrique du système en configuration 100 % groupe électrogène s'élèverait à 50 199 €, contre 41 411 € pour le système hybride. Cette différence représente une économie de 8 788 € en faveur de la solution hybride PV/GE.

Mots clés :

1 – Système hybride PV/GE

2 – Pompage d'eau potable PV/GE

3 - Approvisionnement en eau potable simplifié (AEPS)

4 – Projet PAEPA-NLY

ABSTRACT

The village of Kpaya, located in the Samoé sub-prefecture in Guinea, faces significant challenges in accessing drinking water and energy, which hinders its socio-economic development. This thesis is part of the PAEPA-NLY project and aims to design and size a hybrid system (solar photovoltaic/diesel generator) to supply a reliable and sustainable water pumping system.

Daily water demand was estimated at 117 m³/day in 2025 and 136 m³/day in 2040, with a Retained Daily Flow Rate (DJR) of 105 m³/day. The borehole has an operating flow rate of 22 m³/h. A Grundfos SP18-5 submersible pump (3 kW) and an 80 m³ aluminum storage tank were selected. The energy system is based on a 5.7 kWp photovoltaic array, a VACON 100X variable frequency drive (5.5 kW), and a 10 kVA SDMO diesel generator as backup.

Simulation using PVGIS software indicates a performance ratio (PR) of 82.8%, a specific yield of 1,546.52 kWh/kWp/year, and an annual energy production of 8,815.19 kWh (i.e., 24.17 kWh/day), for an annual solar irradiation of 1,867.73 kWh/m²/year.

From an economic perspective, the total project cost is estimated at €248,646, including a CAPEX of €224,271 and 15-year OPEX of €24,374 (i.e., 10.86% of CAPEX). Projected revenues reach €287,438, confirming the profitability and financial viability of the project.

A comparative analysis of energy supply options shows that the total cost (CAPEX and OPEX) of a 100% diesel generator configuration would amount to €50,199, compared to €41,411 for the hybrid system. This represents a cost saving of €8,788 in favor of the PV/diesel hybrid solution.

Key words:

1 - PV/Diesel hybrid system

2 - PV/Diesel drinking water pumping

3 - Simplified Drinking Water Supply System

4 - PAEPA-NLY project

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Sigle	Définition
2iE	Institut International de l'Eau et de l'Environnement
AEP	Adduction en Eau Potable
AG	Acier Galvanisé
APD	Avant-Projet Détaillé
ATD	Administration Territoriale Décentralisée
CE	Château d'Eau
DAO	Dossier d'Appel d'Offre
DJR	Débit Journalier Retenu
DN	Diamètre Nominal
EDG	Électricité De Guinée
GE	Groupe Électrogène
HMT	Hauteur Manométrique Totale
INS	Institut National de la Statistique
ODD	Objectifs du Développement Durable
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONG	Organisation Non Gouvernementale
PAEPA-NLY	Projet d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement (N'Zérékoré, Lola, Yomou)
PMH	Pompe à Motricité Humaine
PN	Pression Nominale
PN-AEPA	Programme National d'Alimentation en Eau Potable et d'Assainissement
PVC	Polychlorure de Vinyle
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
SAEP	Système d'Approvisionnement en Eau Potable
SNAPE	Service National des Points d'Eau
UNICEF	Fonds des Nations Unies pour l'Enfance
VDF	Variateur de Fréquence

SOMMAIRE

DÉDICACES i

CITATION ii

REMERCIEMENTS iii

RÉSUMÉ iv

ABSTRACT v

LISTE DES ABRÉVIATIONS vi

SOMMAIRE vii

LISTE DES TABLEAUX ix

LISTE DES FIGURES x

INTRODUCTION 1

I. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL, DE LA ZONE D'ÉTUDE ET DU PROJET 3

I.1 Présentation de la structure d'accueil : MTK-SERVICES 3

I.2 Présentation de la zone d'étude 4

I.3 Présentation du projet PAEPA-NLY /2GUI 1007 5

II. GÉNÉRALITÉS SUR LES SYSTÈMES DE POMPAGE D'EAU 7

Introduction 7

II.1 Les types de systèmes de pompage d'eau 7

II.2 Système hybride : PV/GE 11

III. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE ADOPTÉE 16

III.1 Phase de recherche documentaire 16

III.2 Phase d'acquisition, de traitement et de contrôle des données 16

III.3 Conception technique du Système d'Approvisionnement en Eau Potable (SEAP) . 17

III.4 Outils de dimensionnement 17

IV. ÉTUDE TECHNIQUE D'EXÉCUTION DU SYSTÈME DE POMPAGE DU VILLAGE DE KPAYA 18

Introduction 18

IV.1 Dimensionnement hydraulique 18

IV.2 Dimensionnement énergétique 26

IV.3 Configuration de la station de pompage 37

V. ÉTUDE FINANCIÈRE ET PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (PGES) 40

V.1 Etude financière 40

V.2 Plan de gestion environnemental et social (PDES) 42

V.3 État des lieux environnemental et social 43

V.4 Identification des impacts environnementaux et sociaux 43

V.5 Mesures de réponse et de gestion des impacts 45

VI. RÉSULTATS DE L'ÉTUDE TECHNIQUE 47

VI.1 Rappel des objectifs et livrables initiaux 47

VI.2 Résultats techniques issus du calcul manuel 47

VI.3 Analyse et interprétation des résultats obtenus à l'aide du logiciel 50

CONCLUSION GÉNÉRALE 52

RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES 53

BIBLIOGRAPHIE 54

ANNEXES 55

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Estimation de la consommation moyenne journalière pour l'horizon 2025-2040.. 19
Tableau 2:Données de calcul de la hauteur géométrique 23
Tableau 3: Tableau des données d'irradiations mensuelle du site (2023) 26
Tableau 4: Tableau du rendement global du système d'alimentation électrique avec le PV ... 27
Tableau 5: Tableau des données pour la détermination de la configuration du champ PV 29
Tableau 6: Caractéristiques électriques du champs PV 30
Tableau 7: Tableau de dimensionnement du GE 33
Tableau 8: Résultats de calculs des sections de câbles côté DC 34
Tableau 9: Résumé du devis financier du SEAP..... 40
Tableau 10:Identification des impacts potentiels du projet..... 43
Tableau 11: Les mesures de gestion des impacts du projet..... 45

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Organigramme du PAEPA-NLY-Guinée 3
Figure 2 : Situation géographique du projet du village de KPAYA (Auteur : Mamadou OUATTARA)..... 4
Figure 3: Un système de pompage hybride (PV/GE)..... 10
Figure 4: Configuration du système de pompage et de la ligne de refoulement..... 22
Figure 5 : Valeur de la déclinaison en fonction du mois..... 31
Figure 6: Schéma synoptique du système d'alimentation hybride champ PV/GE..... 39
Figure 7: Evolution de la production moyenne journalière en fonction des irradiations mensuelles pour les températures de 25° C et a 40° C..... 51

INTRODUCTION

Les accès à l'eau potable et à l'électricité constituent des enjeux majeurs pour le développement durable. Selon l'UNICEF et l'OMS (2024), près de 2,2 milliards de personnes dans le monde ne disposent pas de services d'eau potable gérés en toute sécurité [1], tandis que 647,17 millions de personnes vivent encore sans électricité [2].

Face à ces défis, la communauté internationale a adopté les Objectifs de Développement Durable (ODD) à l'horizon 2030. L'ODD 6, consacré à l'accès universel à une eau propre et à l'assainissement, et l'ODD 7, qui vise à garantir l'accès à tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable, soulignent l'importance de développer des solutions innovantes et durables [3].

Cependant, en Afrique subsaharienne, la situation est particulièrement préoccupante. Selon la Banque Mondiale (2023), près de 600 millions de personnes n'ont pas accès à l'électricité, ce qui représente plus de 40 % de la population du continent [2]. Cette insuffisance énergétique limite l'extension des infrastructures dédiées à l'approvisionnement en eau potable. Sur le plan hydrique, l'UNICEF (2024) estime que 40 % de la population rurale n'a pas accès à une source d'eau potable fiable, entraînant la prolifération de certaines maladies augmentant le taux de mortalité infantile dans la région [1].

La République de Guinée ne reste pas en marge de cette situation préoccupante qui, malgré l'abondance des ressources en eau, voit leur exploitation entravée par des infrastructures insuffisantes et une faible couverture énergétique. Selon les estimations du programme conjoint de suivi OMS/UNICEF (JMP, 2021), le taux d'accès à l'eau potable est estimé à seulement 50 % en milieu rural , tandis que le taux d'électrification rurale demeure inférieur à 25 % (Banque Mondiale, 2023)[4]. C'est dans ce cadre qu'a été mis en œuvre le Projet d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement dans les préfectures de N'zérékoré, Lola et Yomou (PAEPA-NLY / 2GUI 1007) visant à améliorer la desserte en eau potable dans ces zones rurales avec la construction d'infrastructures modernes et l'intégration de solutions énergétiques autonomes. Le village de KPAYA, situé dans la sous-préfecture de Samoé (préfecture de N'zérékoré), a été retenu comme site pilote pour l'installation d'un système de pompage hybride associant un système d'énergie solaire et un groupe électrogène pour le fonctionnement quotidien. Le groupe électrogène est prévu pour assurer la continuité du service en cas d'insuffisance d'ensoleillement ou de forte demande. Dans l'optique de contribuer à

améliorer cette desserte, ce mémoire s'efforce à proposer des solutions à cette problématique cruciale.

Ainsi, la question centrale qui se pose est la suivante :

Comment réaliser une étude d'exécution efficace d'un système de pompage hybride (énergie solaire et groupe électrogène) afin de garantir une alimentation continue, durable et optimisée en eau potable pour le village de Kpaya, tout en tenant compte des défis techniques, économiques et environnementales locales ?

Le présent mémoire s'inscrit dans cette perspective et a pour objectif< principal de réaliser une étude technico-économique d'un dispositif de pompage d'eau potable alimenté par une source hybride (énergie solaire photovoltaïque et groupe électrogène). L'étude vise ainsi à assurer la continuité du service, à réduire les coûts d'exploitation et à limiter l'impact environnemental du projet. Pour atteindre cet objectif, une démarche méthodologique a été adoptée, intégrant la collecte et l'analyse de données hydrauliques et énergétiques, une étude technique, ainsi que l'évaluation financière et environnementale du projet.

Dans la suite, le présent mémoire sera structuré en plusieurs chapitres qui couvrent :

(i) la présentation de la structure d'accueil, de la zone d'étude et du projet, qui introduit l'entreprise, le site du projet, son contexte général et la description du projet

(ii) les généralités et l'état de l'art sur les systèmes de pompage d'eau, qui exposent les concepts techniques nécessaires à la compréhension du fonctionnement, du choix des équipements ainsi que les références utilisées pour orienter l'étude ;

(iii) la méthodologie et la démarche d'étude, qui décrivent les étapes suivies pour la réalisation de l'étude d'exécution ;

(iv) l'étude technique d'exécution du système de pompage, qui présente le dimensionnement hydraulique et énergétique ainsi que la conception électrique ;

(v) l'étude financière et le plan de gestion environnementale et sociale qui évaluent les coûts ainsi que la viabilité économique du projet, tout en prenant en compte ses impacts environnementaux et sociaux ;

et enfin (vi), les résultats, la conclusion générale et les recommandations, qui synthétisent les principaux résultats obtenus et les recommandations pour la suite du projet.

I. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL, DE LA ZONE D'ÉTUDE ET DU PROJET

I.1 Présentation de la structure d'accueil : MTK-SERVICES

MTK Services est une entreprise spécialisée dans la réalisation de projets hydrauliques et énergétiques en Afrique de l'Ouest. Basée en France avec des représentations dans plusieurs pays, elle intervient dans les domaines de l'adduction d'eau potable, du pompage solaire et hybride, ainsi que des énergies renouvelables. Forte de son expérience, l'entreprise développe des solutions adaptées aux réalités locales afin de garantir un accès durable à l'eau potable et à l'énergie, notamment en milieu rural. Elle compte à son actif plusieurs projets d'envergure, dont la mise en place de systèmes d'adduction d'eau potable en Guinée, intégrant des châteaux d'eau, des pompes solaires et thermiques, ainsi que des bornes fontaines. Reconnue pour son expertise technique et son engagement en faveur du développement durable, MTK Services s'impose aujourd'hui comme un acteur clé dans la réalisation d'infrastructures hydrauliques et énergétiques au service des populations en Afrique de l'Ouest.

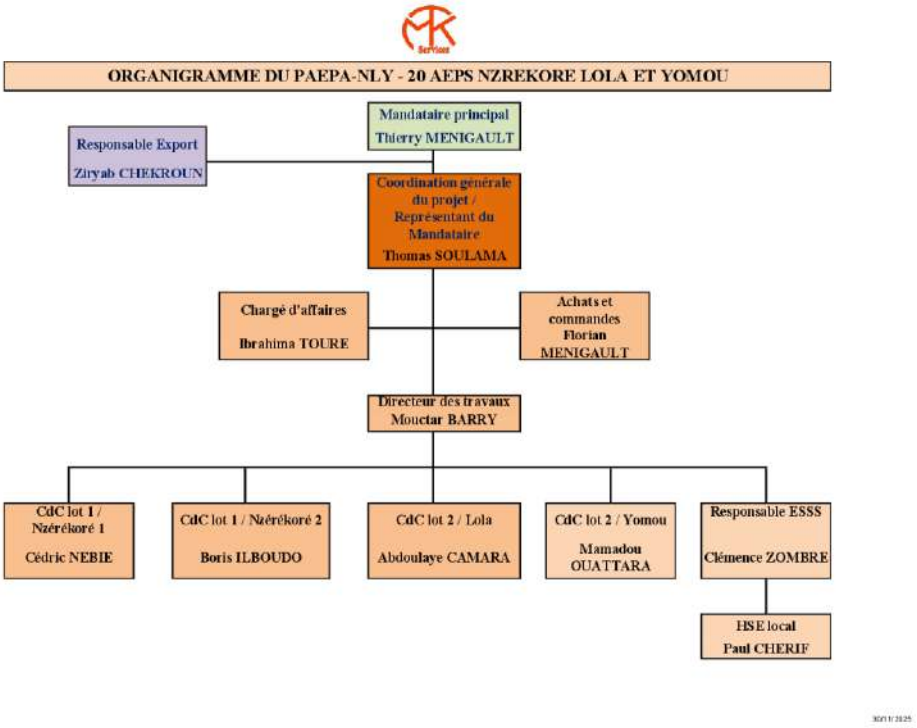


Figure 1: Organigramme du PAEPA-NLY-Guinée

I.2 Présentation de la zone d'étude

Kpaya est un village situé au sud-est de la République de Guinée, dans la sous-préfecture de Samoé, préfecture de N'Zérékoré. Cette localité rurale, caractérisée par une population majoritairement agricole, fait face à des difficultés d'accès à l'eau potable et à l'électricité, malgré l'abondance des ressources en eau dans la région.

Le village se distingue par des conditions climatiques favorables à l'exploitation solaire, mais souffre d'un déficit d'infrastructures modernes pour répondre aux besoins essentiels des habitants. L'accès limité à l'énergie constitue un frein au développement socio-économique, accentuant la vulnérabilité des populations.

C'est dans ce contexte que ce site a été retenu comme site pilote dans le cadre du Projet d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement (PAEPA-NLY / 2GUI 1007), visant à améliorer durablement la desserte en eau potable grâce à la mise en place d'un système de pompage hybride (solaire PV/groupe électrogène) adapté aux réalités locales. La Figure 2 présente la situation géographique de la zone

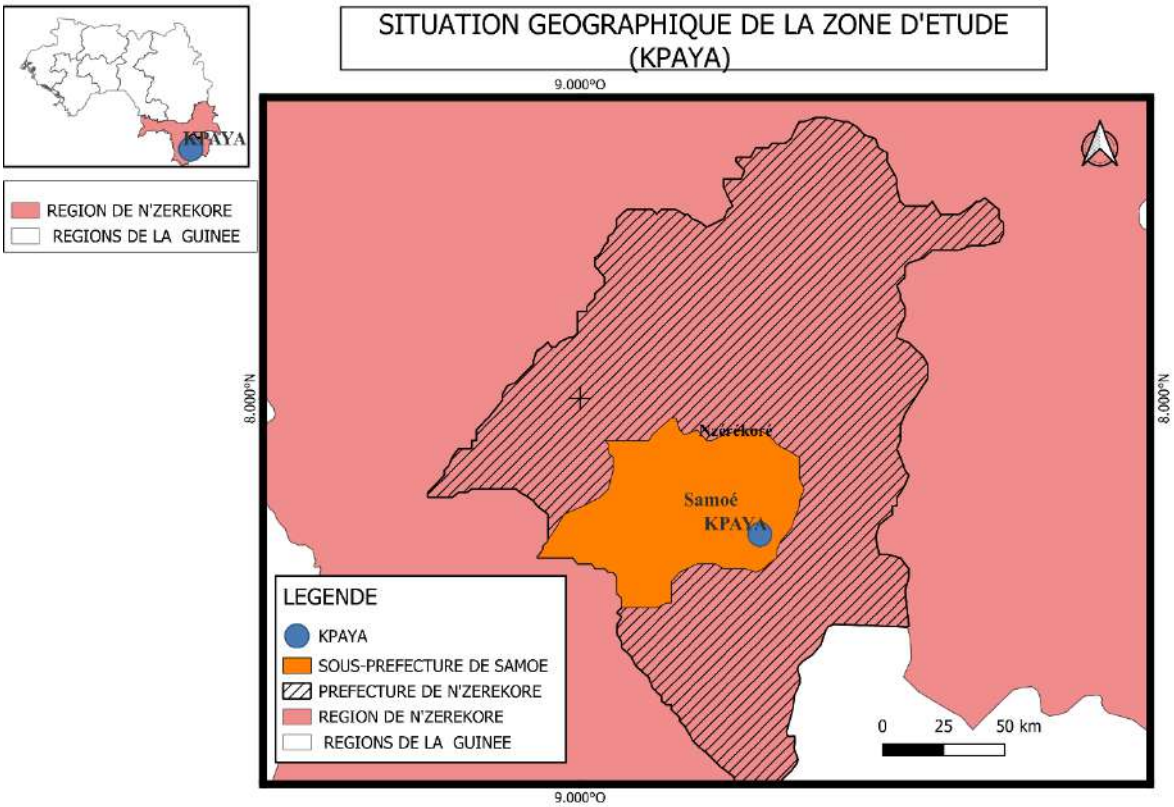


Figure 2 : Situation géographique du projet du village de KPAYA (Auteur : Mamadou OUATTARA)

I.3 Présentation du projet PAEPA-NLY /2GUI 1007

I.3.1 Contexte et justification du projet

Dans un contexte mondial marqué par les défis liés au changement climatique, à la croissance démographique et aux inégalités d'accès aux services de base, l'eau potable reste un facteur essentiel pour la santé publique et le développement socio-économique. En République de Guinée, malgré des ressources hydriques abondantes, de nombreuses zones rurales connaissent encore des difficultés d'approvisionnement en eau potable, aggravées par une faible couverture énergétique.

Pour répondre à ces défis, le gouvernement guinéen, avec l'appui de ses partenaires techniques et financiers, a initié le Projet d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement dans les préfectures de N'Zérékoré, Lola et Yomou (PAEPA-NLY / 2GUI 1007). Ce projet vise à améliorer l'accès des populations rurales à une eau potable de qualité, à travers la construction et la réhabilitation d'infrastructures hydrauliques modernes, tout en intégrant des solutions énergétiques durables.

I.3.2 Etat des lieux

I.3.2.1 Enquêtes réalisées dans les préfectures concernées

Les enquêtes préliminaires réalisées dans les préfectures concernées (Nzérékoré, Lola et Yomou) ont mis en évidence :

- un déficit d'infrastructures hydrauliques modernes,
- l'utilisation fréquente de sources traditionnelles (puits, rivières, marigots) exposées à la pollution,
- une forte demande en eau potable non satisfaite,
- et des difficultés d'approvisionnement liées à la saisonnalité (tarissement des points d'eau en saison sèche) [5].

Le village de Kpaya a été retenu comme site pilote en raison de ses besoins prioritaires, de sa situation géographique et de la faisabilité technique du projet.

I.3.2.2 Données démographiques

La population de Kpaya est estimée à 4776 habitants (selon le rapport du RGPH3 à la sous-préfecture), avec un taux de croissance démographique de la région de 1 % [6]. La démographie est caractérisée par une forte proportion de jeunes et une croissance régulière, ce qui accroît les besoins en infrastructures de base, notamment en eau potable.

I.3.2.3 Données socio-économiques

L'économie locale repose principalement sur l'agriculture de subsistance (riz, maïs, manioc) et certaines cultures de rente (café, cacao, hévéa, palmier à huile). Les revenus des ménages restent modestes, ce qui limite la capacité de la population à financer des systèmes coûteux d'approvisionnement en eau. Cependant, la communauté manifeste une volonté de participer à la gestion et à l'entretien des infrastructures hydrauliques, ce qui constitue un atout pour la durabilité du projet.

II. GÉNÉRALITÉS SUR LES SYSTÈMES DE POMPAGE D'EAU

Introduction

Les systèmes de pompage d'eau jouent un rôle essentiel dans la gestion et la distribution des ressources hydriques, que ce soit pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation agricole ou les applications industrielles. Ce chapitre présente les principes fondamentaux de ces systèmes, leurs composants principaux, ainsi que les critères de choix et de dimensionnement. L'objectif est de fournir une compréhension globale des technologies de pompage, des différents types de pompes et des paramètres influençant leur performance, afin de garantir une exploitation efficace et durable.

II.1 Les types de systèmes de pompage d'eau

L'approvisionnement en eau potable dans les zones rurales et urbaines repose largement sur l'utilisation des systèmes de pompage adaptés aux réalités locales. Ces systèmes diffèrent selon la source d'énergie utilisée, le niveau technologique et les besoins en débit et en hauteur de refoulement. On distingue principalement les systèmes manuels, thermiques, électriques, solaires et hybrides.

II.1.1 Les systèmes de pompage manuel

Les pompes manuelles sont actionnées par l'effort physique de l'utilisateur. Elles sont généralement installées dans des puits ou des forages peu profonds et destinées aux zones rurales où la demande en eau est limitée. Elles présentent l'avantage d'avoir un faible coût initial, un entretien simple et une autonomie énergétique, mais leur utilisation nécessite un effort physique important, leur débit est faible et elles sont inadaptées aux besoins collectifs élevés.

II.1.2 Les systèmes de pompage thermique

Les systèmes de pompage thermique utilisent l'énergie thermique provenant de combustibles fossiles ou de biomasse pour entraîner une pompe. Ils sont adaptés aux zones où l'électricité est rare ou coûteuse et peuvent fournir un débit important sur de longues périodes. Leur avantage réside dans leur indépendance énergétique et leur capacité à fonctionner de manière continue, mais ils présentent des inconvénients tels que le coût du carburant, la maintenance régulière,

les émissions de gaz polluants et le bruit. Ces systèmes conviennent surtout aux installations collectives ou industrielles.

II.1.3 Les systèmes de pompage électrique

Les pompes électriques fonctionnent grâce à l'énergie fournie par le réseau ou les générateurs électrique ou des générateurs. Elles offrent un fonctionnement simple, un débit constant et peuvent être automatisées. Leur principal inconvénient est la dépendance à l'électricité, ce qui les rend vulnérables aux coupures et coûteuses si l'alimentation est intermittente. Elles sont adaptées aux zones connectées au réseau ou aux installations disposant d'une source fiable d'électricité.

II.1.4 Les systèmes de pompage solaire

Les systèmes de pompage solaire utilisent l'énergie photovoltaïque pour alimenter directement une pompe électrique. Ils sont particulièrement adaptés aux zones isolées et ensoleillées, offrant une autonomie énergétique et un fonctionnement silencieux. Les principaux inconvénients sont le coût initial élevé, la dépendance à l'ensoleillement et la nécessité d'un stockage hydraulique ou électrique pour assurer l'approvisionnement en continu. Ces systèmes conviennent aux exploitations agricoles, aux villages et aux installations isolées.

❖ **Dimensionnement énergétique d'un système de pompage PV**

Le dimensionnement consiste à déterminer la puissance photovoltaïque nécessaire pour satisfaire la demande en eau d'un site donné. Il repose sur plusieurs paramètres :

- la profondeur du puits et la hauteur manométrique totale (HMT),
- le débit quotidien requis,
- l'irradiation solaire moyenne du site,
- le rendement global du système (moteur, pompe, coffret DC, onduleur, raccordements).

Dans la littérature, plusieurs auteurs, dont Cengel, Y.A, & Cimbala, J. M. (2018) proposent des formules simplifiées issues des principes de la mécanique des fluides et de la conservation de l'énergie. Ces formules découlent des lois de base de la physique établies par Isaac Newton (pour la dynamique des fluides) et Daniel Bernoulli (pour le lien entre énergie potentielle,

cinétique et de pression) [7]. Pour estimer la puissance nécessaire d'un système de pompage. La formule (1) est la plus utilisée :

$$P_h = \rho \times g \times Q \times HMT \quad (1)$$

Ou encore :

$$P_h = 2{,}725 \times Q \times HMT \quad (2)$$

Où :

- P_h représente la puissance hydraulique (en W),
- Q le débit de la pompe (m^3/h)
- HMT la hauteur manométrique totale (m).
- 2,725 la constante $\frac{\rho g}{3600}$

Cette relation permet de calculer la puissance requise pour déplacer un volume d'eau donné sur une hauteur spécifique, indépendamment du type d'énergie utilisée.

Ainsi le calcul de la puissance photovoltaïque suit généralement la relation (3) [8]:

$$P_{PV} = \frac{P_h}{\eta_{syst} \times G} \quad (3)$$

Où :

- η_{syst} est le rendement global du système,
- G est l'irradiation solaire moyenne journalière ($kWh/m^2/j$).

Un bon dimensionnement garantit un fonctionnement optimal et limite les surcharges sur les équipements. Des études au Sénégal et au Niger indiquent que le système PV est souvent surdimensionné par rapport aux besoins de la pompe, afin de compenser partiellement les baisses saisonnières d'irradiation[9], [10].

Cependant, cette formule ne prend pas en compte les conditions réelles d'exploitation. En pratique, le dimensionnement d'un champ photovoltaïque doit intégrer la correction de la puissance en fonction de la température de la cellule, selon la relation (4) [8] :

$$P_{Réelle} = P_{STC}(1 - \beta\,(T_C - T_{STC})) \quad (4)$$

Où :

- β est le coefficient de température du module ;
- T_C est la températures dans les conditions réelles ;
- T_{STC} est la température dans les conditions standards de test (STC).

Ainsi, bien que la formule constitue une base théorique solide, elle doit être complétée par des ajustements liés aux conditions locales pour assurer le dimensionnement correct et fiable du système PV. C'est cette démarche critique qui sera développée dans le chapitre consacré à l'étude technique du système de pompage.

II.1.5 Les systèmes de pompage hybride

Les systèmes de pompage hybride combinent plusieurs sources d'énergie, généralement le solaire et un groupe électrogène, afin d'assurer une alimentation en eau continue et fiable. Ils permettent d'optimiser l'utilisation de l'énergie solaire tout en garantissant la continuité en cas de faible ensoleillement ou de panne. Leur avantage est la flexibilité et la sécurité d'approvisionnement, mais ils nécessitent un investissement initial plus élevé et une maintenance plus complexe. Ces systèmes sont adaptés aux communautés rurales, aux exploitations agricoles ou aux installations collectives ayant des besoins variables. La Figure 3 présente un système hybride, intégrant des panneaux solaires, un groupe électrogène et un tableau de commande.



Figure 3: Un système de pompage hybride (PV/GE)

II.2 Système hybride : PV/GE

Ce système combine l'énergie solaire et l'énergie fournie par un GE pour assurer une alimentation continue en eau, même lorsque la production solaire est insuffisante.

II.2.1 Principe d'hybridation

L'hybridation consiste à coupler deux sources d'énergie afin de compenser les intermittences de la production solaire. Dans un système de pompage hybride PV/GE, l'énergie solaire est utilisée en priorité pour alimenter la pompe, tandis que le GE prend le relais en cas de faible ensoleillement, de forte demande ou de panne du système solaire. Cette configuration garantit la continuité de service et offre une meilleure flexibilité d'exploitation.

II.2.2 Les composants clés d'un système de pompage hybride PV/GE sans stockage

II.2.2.1 Les sources d'énergie

Un système de pompage hybride solaire PV et GE combine les deux sources d'énergie afin d'assurer un approvisionnement en eau continu et fiable, même en cas de faible ensoleillement. Ses principaux composants se répartissent en différentes catégories fonctionnelles.

- **Système solaire PV**

La première source d'énergie est l'énergie solaire, captée par des modules photovoltaïques (PV) qui convertissent la lumière solaire en électricité. Ces modules sont montés sur des structures de support métalliques adaptées pour assurer l'orientation et l'inclinaison optimales des panneaux, tout en résistant aux conditions climatiques locales.

- **Groupe électrogène (GE)**

La deuxième source d'énergie est le groupe électrogène GE), généralement alimenté par un moteur thermique diesel ou essence. Ce moteur entraîne un alternateur qui convertit l'énergie mécanique en énergie électrique alternative, servant de source de secours lorsque la production solaire est insuffisante ou lorsque le réseau est indisponible.

II.2.2.2 Équipements de conversion et de gestion d'énergie

Pour garantir un fonctionnement efficace et sûr, le système intègre plusieurs équipements de conversion et de gestion de l'énergie.

- **Régulateur**

Le régulateur optimise la production des panneaux photovoltaïques et, s'il y a des batteries, protège leur cycle de charge et de décharge.

- **Onduleur/Variateur de fréquence (VFD)**

Les onduleurs et/ou les variateurs de fréquence (VFD) transforment le courant continu fourni par les panneaux solaires en courant alternatif adapté à la pompe et permettent de moduler la vitesse de la pompe en fonction de la disponibilité de l'énergie.

II.2.2.3 Système de stockage

Dans certains systèmes hybrides, un dispositif de stockage est intégré pour assurer la continuité de l'alimentation en eau lorsque la production solaire est insuffisante. Le stockage peut être sous forme de réservoirs surélevés ou de châteaux d'eau. Ils servent de tampon hydraulique, garantissant un débit constant même en l'absence temporaire de production énergétique. Le choix du type de stockage dépend du débit requis, de la durée d'autonomie souhaitée et de la disponibilité des ressources financières et techniques.

II.2.2.4 Pompes et instrumentation

Le cœur du système est la pompe, qui peut être submersible ou de surface, selon la profondeur du forage et la hauteur manométrique totale. La pompe est dimensionnée en fonction du débit journalier nécessaire et de la pression requise pour distribuer l'eau.

II.2.2.5 Réseau hydraulique et accessoires

Le réseau hydraulique complète le système et comprend la tuyauterie d'aspiration et de refoulement, les vannes de régulation, les clapets anti-retour et les filtres pour protéger la pompe contre les impuretés. L'ensemble des composants est dimensionné pour minimiser les pertes de charge et garantir la durabilité et la performance du système. Ces éléments assurent la liaison entre la source d'eau, la pompe et les points de distribution, permettant un pompage efficace et sécurisé.

II.2.3 Avantages et limites des systèmes hybrides

Les systèmes de pompage hybrides, combinant l'énergie solaire PV et un GE, représentent une solution efficace pour assurer la continuité de l'alimentation énergétique dans les zones rurales isolées.

Une étude menée par Bekele et Tadesse (2023) en Afrique subsaharienne souligne que l'hybridation PV/GE améliore la fiabilité du service d'eau, particulièrement pendant les périodes nuageuses ou les saisons pluvieuses. Les systèmes hybrides garantissent une disponibilité continue de l'eau, ce qui favorise la sécurité hydrique et le développement socio-économique des communautés rurales.

Cependant, ces avantages s'accompagnent de certaines limites. Le coût initial d'investissement reste plus élevé que celui d'un système mono-source, en raison de la complexité du câblage, du dimensionnement et des dispositifs de commande (Lazizi et al., 2017).

Aussi, la maintenance requiert des compétences techniques avancées et une logistique d'approvisionnement en carburant, souvent difficile en milieu rural. Enfin, Dahbi et al. (2021) soulignent que la performance globale d'un système hybride dépend fortement de la qualité du dimensionnement et de la gestion énergétique, notamment dans les zones à forte variabilité d'ensoleillement.

Ainsi, bien que les systèmes hybrides présentent un compromis pertinent entre fiabilité et durabilité, leur déploiement nécessite une planification rigoureuse et une stratégie de maintenance adaptée aux conditions locales.

II.2.4 Expériences en Afrique de l'Ouest et en Guinée

La diffusion des pompes solaires est en augmentation mais de façon hétérogène : des pays comme le Ghana et le Sénégal comptent plusieurs projets pilotes et des mini-réseaux intégrant le pompage, tandis que d'autres pays progressent plus lentement à cause des défis de financement et d'infrastructures de maintenance. Les initiatives portées par la Banque mondiale, les ONG et les programmes régionaux (CEDEAO/ECREEE) favorisent les démonstrateurs et la standardisation des mini-réseaux. Des études techniques menées en Guinée et au Mali montrent que les systèmes PV pour un pompage à l'échelle du village sont techniquement viables dans de nombreuses localités, avec des périodes de retour sur

investissement souvent en dessous de 8 ans selon le prix considéré pour le carburant et la valeur économique de l'eau fournie [11].

II.2.5 Défis à relever et les solutions à entreprendre

Les défis à relever pour garantir la fiabilité et la durabilité d'un système de pompage hybride PV/GE sont notamment de plusieurs ordres.

II.2.5.1 Défis techniques

- **La maintenance et la disponibilité des pièces** : défaillances de contrôleurs, corrosion sur les pompes et les panneaux mal entretenus ; le manque de stocks locaux de pièces détachées.
- **Un dimensionnement inadapté**: Surdimensionnement ou sous-dimensionnement par méconnaissance de la ressource hydrique ou des usages, conduisant à une sous-utilisation ou des pannes.
- **La qualité des équipements** : importation de matériels bas de gamme provoquant des défaillances prématurées.

II.2.5.2 Défis socio-économiques

- **Accès au financement** : coût initial élevé, manque de mécanismes de crédit/leasing adaptés aux petits agriculteurs.
- **Modèles de revenus mal définis** : absence de tarification juste et durable pour l'usage d'eau/pompage entraînant le désengagement.
- **Acceptation sociale et gouvernance** : conflits d'usage de l'eau si les règles locales ne sont pas clarifiées.

II.2.5.3 Défis institutionnels/réglementaires

- **Cadre réglementaire insuffisant** : absence de normes ou procédures pour mini-réseaux et pompage solaire, ce qui freine l'investissement privé.
- **Coordination faible entre secteurs** (eau, agriculture, énergie) : projets fragmentés sans vision d'ensemble.

II.2.5.4 Les solutions à entreprendre

Pour faire face à ces défis, nous préconisons de :

- ✓ Mettre l'accent sur la formation locale, les normes d'achat (qualité) et les contrats de maintenance.
- ✓ Impliquer les communautés dès la conception et établir des règles claires d’accès et d’entretien.
- ✓ Mettre en place des incitations fiscales et mécanismes de garantie pour attirer le privé, et formaliser des modèles pour assurer la maintenance.

III. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE ADOPTÉE

Pour atteindre les objectifs de cette étude, nous avons mis en place une approche méthodologique basée sur trois (3) phases :

- La phase de la recherche documentaire ;
- La phase de traitement de données ;
- la phase de la conception technique, de la modélisation et de la simulation du SAEP.

III.1 Phase de recherche documentaire

La recherche documentaire a consisté à rassembler les informations relatives à la zone d'étude auprès du bénéficiaire, le Service National d'Aménagement des Points d'Eau (SNAPE), ainsi que du maître d'ouvrage, le Ministère de l'Administration du Territoire et de la Décentralisation (MATD), et de la Sous-préfecture de Samoé. Nous avons également consulté diverses sources en ligne afin d'obtenir des rapports d'études similaires et des mémoires réalisés par d'anciens étudiants sur des thématiques proches. L'analyse de l'ensemble de ces documents a permis de définir les hypothèses qui ont servi de base à la présente étude. Il s'agit notamment :

- de la population du village au moment du recensement;
- du taux d'accroissement annuel de la population de la région ;
- de la consommation spécifique des populations tant au niveau des branchements privés qu'au niveau des bornes fontaines ;
- les coefficients de pointe journalière et de pointe horaire.

III.2 Phase d'acquisition, de traitement et de contrôle des données

L'exploitation des documents recueillis lors de la recherche documentaire, a permis de collecter les données nécessaires à la réalisation de cette étude. Ces données concernent notamment :

- l'estimation de la population à l'échéance du projet ;
- l'évaluation des besoins en eau des populations ;
- la détermination de la capacité du réservoir de stockage ;
- l'appréciation de la ressource en eau disponible pour l'approvisionnement des habitants de la localité après la réalisation du forage.

III.3 Conception technique du Système d'Approvisionnement en Eau Potable (SEAP)

La conception technique du réseau SAEP du village a consisté à la détermination de tous les paramètres du système.

III.4 Outils de dimensionnement

Le dimensionnement du système hybride a été réalisé à l'aide de plusieurs outils informatiques et analytiques afin d'obtenir un modèle fiable et optimisé.

III.4.1 Microsoft Excel

L'outil Excel a servi pour :

- Les calculs préliminaires de dimensionnement (débit, HMT, puissances, énergie requise) ;
- L'évaluation économique (coûts d'investissement, coûts d'exploitation, temps de retour sur investissement) ;
- La représentation graphique des résultats (courbes de performance, bilans énergétiques).

III.4.2 Google Earth Pro

Cet outil a été utilisé pour :

- Tracer le réseau (refoulement et distribution) ;
- Estimer la longueur des différents tronçons avant l'ouverture des tranchées ;
- Vérifier les profils de dénivelé le long des tronçons ;
- Estimer la dénivelée entre le forage et le château d'eau (CE) ;
- Placer les dispositifs de protection du réseau de distribution (ventouses et vidanges).

III.4.3 PVsyst et PVGIS

Le logiciel PVsyst a été utilisé pour :

- La simulation du comportement énergétique du système photovoltaïque,
- L'estimation de la production électrique mensuelle et annuelle,
- L'analyse des pertes (température, câblage, orientation, etc.),
- L'optimisation du nombre de modules et de l'onduleur.

IV. ÉTUDE TECHNIQUE D'EXÉCUTION DU SYSTÈME DE POMPAGE DU VILLAGE DE KPAYA

Introduction

Avant la mise en œuvre d'un système de pompage, il est indispensable de réaliser une étude technique approfondie afin de répondre efficacement aux besoins en eau. Cette étude repose sur un diagnostic hydraulique et énergétique du site, permettant d'évaluer les ressources disponibles ainsi que les contraintes techniques.

IV.1 Dimensionnement hydraulique

IV.1.1 Estimation des besoins journaliers en eau potable

IV.1.1.1 Evaluation de la population

Selon le rapport du dernier recensement général de la population de la Guinée (RGPH-3), la population du village de Kpaya, dans la Sous-préfecture de Samoé, était estimée à 4 776 habitants, avec un taux d'accroissement annuel de 1 % pour la région de N'Zérékoré [6]. À partir de ces données, nous avons estimé la population en 2025, puis projeté son évolution à l'horizon 2040, correspondant à une durée de desserte de 15 ans avec la formule (5) [6] :

$$Pop_n = Pop_0(1+\tau)^n \qquad (5)$$

Avec :

- Pop_n la population à l'année de l'échéance ;
- Pop_0 la population à l'année du recensement ;
- τ le taux d'accroissement de la population ;
- n le nombre d'année entre Pop_n et Pop_0.

Ainsi, par application numérique de l'équation (5), la population de référence est estimée à 4 872 habitants pour l'année 2025, avec une projection à l'horizon 2040 de 5 657 habitants.

IV.1.1.2 Estimation du besoin journalier

Pour ce projet, la consommation spécifique retenue est **20 litres par habitant et par jour** (SNAPE). L'évaluation des consommations non domestiques regroupe :

- les besoins des édifices publics (écoles, dispensaires, administrations, etc.) ;

- les demandes en eau liées aux activités économiques (industrie, artisanat, commerce, élevage) ;
- les pertes d'eau dans le réseau de distribution.

En l'absence de données précises concernant les édifices publics et les activités économiques, une majoration forfaitaire de 10 % (selon les recommandations de l'APD du SNAPE) est appliquée sur la consommation domestique afin d'intégrer ces besoins dans l'estimation globale.

Aussi, les pertes d'eau au cours de la distribution sont généralement estimées entre 10 % et 20 % du volume distribué, en fonction de l'état du réseau (ancien ou neuf) [12]. Pour un réseau neuf, il est courant d'appliquer une valeur de 10 % des consommations afin de tenir compte des pertes. Dans le cadre de ce projet, nous retiendrons donc cette valeur de 10%.

Le Tableau 1 présente les résultats obtenus après les calculs des besoins en eau, en tenant compte de la consommation domestique, des consommations non domestiques et des pertes dans le réseau.

Tableau 1: Estimation de la consommation moyenne journalière pour l'horizon 2025-2040

ESTIMATION DE LA CONSOMMATION MOYENNE JOURNALIERE POUR L'HORIZON 2025-2040		
DESIGNATION	**UNITE**	**VALEUR**
Population de référence pour l'année 2025	U	4872
Taux de croissance de la région	%	1%
Population à l'horizon 2040	U	5657
Consommation spécifiques domestiques	m3/j	113,14
Consommation non domestiques	m3/j	11,314
Perte au cours de la distribution	%	11,314
Consommation moyenne journalière en 2025	m3/j	116,928
Consommation moyenne journalière en 2040	m3/j	135,768

En tenant compte de l'ensemble des paramètres, le besoin journalier en eau potable a été estimé à 117 m³/j pour l'année de référence 2025 et à environ 138 m³/j à l'horizon 2040. Toutefois, le DAO a retenu un besoin journalier (BJR) de **105 m³/j**. Pour la suite de l'étude, nous adopterons donc le débit journalier indiqué dans le DAO, tout en formulant des recommandations pour les avenants et mises à jour futures du projet.

IV.1.2 Détermination de la capacité du réservoir et choix du type de réservoir

La capacité de stockage sur les réseaux de distribution se compose de trois éléments :

- la réserve de distribution RD,
- la réserve de sécurité RS (dépendant du niveau de service),
- la réserve d'incendie (RI).

La capacité de stockage sur les réseaux de distribution est comprise entre 25 % et 50 % avec une moyenne de 33 %, de la consommation journalière de pointe [12]. Cependant, pour ce projet destiné aux zones rurales, les heures de pointe de consommation coïncident principalement avec des périodes où la production solaire est faible, voire inexistante : entre 15 h et 20 h le soir, puis entre 4 h et 9 h le matin. Afin d'assurer une alimentation continue durant ces plages horaires, l'ATD et le SNAPE ont jugé nécessaire d'ajouter une marge supplémentaire de 10 %, portant ainsi la capacité de stockage à 60 % des besoins journaliers.

Pour un besoin journalier estimé à 105 m³/j en 2025, la capacité du réservoir nécessaire est évaluée à 63 m³. À l'horizon 2040, avec une demande projetée de 135,77 m³/j, la capacité requise est 81,46 m³. Au regard de ces estimations, notre choix s'est porté sur un réservoir préfabriqué en aluminium offrant un volume nominal de 80 m³ et un volume maximal de 81,55 m³, parfaitement adapté aux besoins actuels et futurs (voir Annexe 20).

IV.1.3 Détermination du diamètre et choix de la conduite de refoulement

Pour déterminer le diamètre de la conduite de refoulement, nous utilisons la formule de Bresse (6) afin de calculer le diamètre économique, puis d'en déduire le diamètre normalisé. Nous vérifions ensuite la valeur de la vitesse d'écoulement. En effet, la vitesse d'écoulement dans les conduites d'adduction doit idéalement se situer entre 0,8 et 1,2 m/s, avec des limites acceptables comprises entre 0,6 et 1,5 m/s [12].

IV.1.3.1 Diamètre économique

Le diamètre économique est calculé par la relation (6) [7] :

$$D_{Eco} = 1{,}5 \times Q^{\frac{1}{2}} \tag{6}$$

Avec $Q = \frac{105}{(6\times3600)} = 0{,}00486$ m³/s

Application numérique de (6):

$$D_{Eco} = 1{,}5 \times 0{,}00486^{\frac{1}{2}}$$

$$D_{Eco} = 104{,}6mm$$

Diamètre normalisé retenu provisoirement : **90 mm**

IV.1.3.2 Vérification de la vitesse d'écoulement

La vitesse d'écoulement est déterminée par la relation (7) [7] :

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \quad (7)$$

Application numérique :

$$V = \frac{4 \times 0,OO486}{\pi \times O,09^2}$$

Ainsi on obtient **V= 0,765 m/s ≥ 0,6 m/s**. Par conséquent, nous conserverons le diamètre normalisé de 90 mm en PVC à joint, avec une pression nominale de 10 bars (PN10), afin de garantir la résistance aux défis hydrauliques et aux surpressions éventuelles (Voir Annexe 19).

IV.1.4 Choix des équipements sur la conduite de refoulement (Manifold)

Le choix des équipements et des matériaux sur la conduite de refoulement repose sur leur rôle essentiel pour assurer la continuité, la flexibilité et la durabilité du système. L'*Annexe 18* présente les différents équipements installés sur le manifold et la conduite de refoulement ainsi que leur nombre et leurs coefficients de singularité (k) utilisés pour le calcul des pertes de charge singulières dans la section IV.1.5

IV.1.5 Détermination de la Hauteur Manométrique Totale (HMT)

La formule de base utilisée pour le calcul de la HMT découle du théorème de Bernoulli appliqué à un système de pompage [7].

Pour une pompe, elle s'exprime sous la forme de l'équation (8) :

$$HMT = H_g + \Delta h_l + \Delta h_S + \frac{P_2 - P_1}{\rho \times g} \quad (8)$$

Où

- H_g est la hauteur géométrique (différence de niveau entre aspiration et refoulement),
- Δh_l désigne les pertes de charge linéaires (dans les conduites),

- Δh_S désigne les pertes de charge singulières
- $\frac{P_2-P_1}{\rho \times g}$ désigne la différence de pression entre refoulement et aspiration (hypothèse : $P_1 = P_2 = P_{atm}$).

La Figure 4 nous montre l'architecture de l'équipement du forage et de la conduite de refoulement.

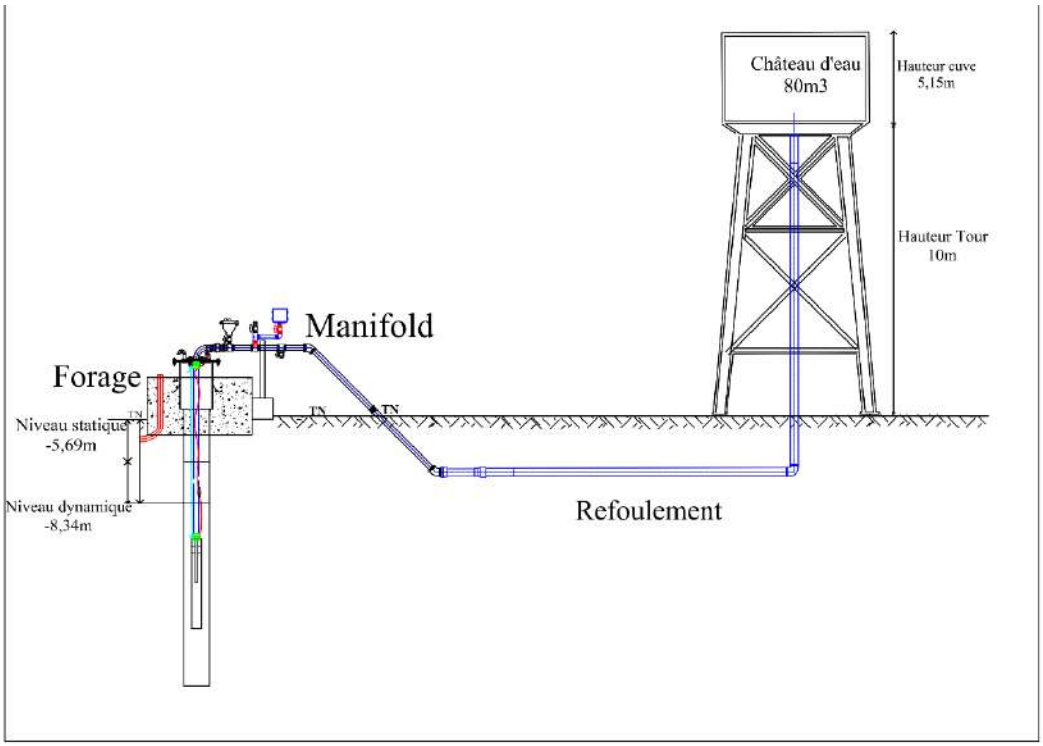


Figure 4: Configuration du système de pompage et de la ligne de refoulement

IV.1.5.1 Calcul de la hauteur géométrique H_g

La hauteur géométrique est calculée par l'équation (9) [7] :

$$H_g = (C_{CE} - C_{forage}) + N_d + h_{tour} + h_{réservoir} \quad (9)$$

Avec les données du Tableau 2, on obtient une hauteur géométrique de **28,49 m** :

Tableau 2:Données de calcul de la hauteur géométrique

CALCUL DE LA HAUTEUR GEOMETRIQUE	
Niveau Dynamique: N_d (m)	8,34
Côte TN Forage: C_{forage} (m)	485
Côte TN Château d'eau: C_{CE}(m)	490
Hauteur tour: h_{tour} (m)	10
Hauteur réservoir: $h_{réservoir}$ (m)	5,15
Hauteur géométrique Hg (m)	**28,49**

IV.1.5.2 Calcul des pertes de charges linéaires ΔH_l

La perte de charge linéaire correspond à la perte d'énergie (ou de pression) subie par l'eau lorsqu'elle s'écoule le long d'une conduite, principalement due aux frottements entre le fluide et les parois du tuyau ainsi qu'aux interactions entre les différentes couches du fluide. Elle dépend de plusieurs paramètres : la longueur et le diamètre de la conduite, la rugosité interne du matériau, ainsi que la vitesse d'écoulement. Pour son calcul, plusieurs formules existent, mais nous avons retenu la formule de Darcy-Weisbach, qui s'exprime comme suit (10) [7] :

$$\Delta h_l = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2 \times g} \quad (10)$$

Où

- f est le coefficient de frottement (fonction du régime d'écoulement et de la rugosité) ;
- L la longueur de la conduite (435m) ;
- D le diamètre intérieur de la conduite (0,9m) ;
- V la vitesse de l'eau (0,65m/s) ;
- g l'accélération de la pesanteur (9,81 m/s²).

IV.1.5.2.1 Détermination du coefficient de frottement f

❖ **Calcul du nombre de REYNOLD**

Le nombre de Reynold est calculé par l'équation (11) comme suit [7]:

$$\boldsymbol{Re = \frac{V \times D}{\nu}} \quad (11)$$

Avec :

- V la vitesse de l'eau (0,65m/s),

- D le diamètre intérieur de la conduite (0,9m),
- V la viscosité cinématique de l'eau à 20°C ($1x10^{-6}$ m²/s),

Nous avons obtenu un nombre de Reynolds de 58 500, supérieur à 2 000, ce qui confirme que l'écoulement est en régime turbulent.

❖ **Calcul du coefficient de frottement f**

À partir du résultat du nombre de Reynold, nous avons déterminé le coefficient de perte de charge en régime turbulent en utilisant le diagramme de Moody (voir Annexe 17), qui permet de relier le coefficient de frottement (f) au nombre de Reynolds et à la rugosité relative (ε/D) de la conduite.

f = 0,0203 (sur diagramme)

Ensuite, nous avons vérifié le résultat obtenu à l'aide de la formule d'approximation directe de Swamee-Jain, sans passer par des itérations par la formule (12) [7] :

$$f = \frac{0,25}{[log_{10}(\frac{\varepsilon}{3,7 \times D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}})]^2} \quad (12)$$

Où

- ε est la rugosité absolue (0,0015 mm),
- D est la diamètre intérieur (90mm),
- Re est le nombre de Reynolds (58 500).

On a **f = 0,0201** que nous allons utiliser pour les calculs

Ainsi le calcul de la perte de charge linéaire nous donne : **ΔH_l = 2,41m**

IV.1.5.3 Calcul des pertes de charges singulières ΔH_s

Les pertes de charge singulières sont dues aux accessoires (coudes, tés, vannes, clapets, etc.) présents dans le réseau. Elles se calculent avec la formule (13) [7] :

$$\Delta h_s = \sum(k_i) \times \frac{v^2}{2 \times g} \quad (13)$$

Où :

$\sum k_i$ est la somme des singularités des équipements qui se trouvent sur la conduite de refoulement (Voir *Annexe 18*).

$\sum k_i = 24,72$

Nous obtenons ainsi $\mathbf{\Delta H_s = 0{,}53m}$

L'application numérique de la formule (8) conduit à une HMT de 32,03 mCE, arrondi à **33 mCE**.

IV.1.6 Sélection de la pompe

Pour un débit de 105 m³/j et une HMT de 33 m, nous avons sélectionné, sur le site de **Grundfos** (fournisseur de MTK-Services), la **pompe GRUNDFOS de type SP18-5**, dont les caractéristiques sont présentées en Annexe 2.

En effet, nous avons retenu cette pompe avec un débit nominal de 18 m³/h pour une HMT de 38 mCE en raison d'une hypothèse de 6 heures de pompage par jour, et du débit aux heures de pointe, la courbe de production instantanée à 25°C (voir Annexe 11) ; ce qui impose de fournir le volume journalier de 105 m³ en un temps réduit.

$$Q_{requis} = \frac{105}{6}$$

Nous obtenons donc $\boldsymbol{Q_{requis} = 17,5 m^3/h}$

Après avoir choisi la pompe appropriée, il est essentiel d'évaluer son impact énergétique. Cela implique de dimensionner un système solaire photovoltaïque (PV) et un GE capable de fournir l'énergie nécessaire pour assurer le fonctionnement optimal de la pompe.

IV.2 Dimensionnement énergétique

IV.2.1 Calcul de la puissance crête nécessaire

Le calcul de la puissance nécessaire est donnée par la formule (14) [8] :

$$P_C = \frac{2{,}725 \times Q \times HMT}{\eta_{syst} \times Ir} \quad (14)$$

Où :

- P_c est la puissance crête nécessaire pour le pompage ;
- Q est le débit journalier (m^3/Jour) ;
- HMT est la Hauteur Manométrique Totale (mCE) ;
- Ir l'irradiation moyenne annuelle (kWh/m^2/Jour) ;
- η_{syst} le rendement global du système (%) .

IV.2.1.1 Estimation de l'irradiation

Les valeurs d'irradiation consignées dans le Tableau 3 ci-dessous ont été obtenues sur le site PVGIS de la Commission européenne [13].

Tableau 3: Tableau des données d'irradiations mensuelle du site (2023)

Ensoleillement PVGIS-SARAH3 (en Wh/m2/jour)	
Mois	**Irradiation (Wh/m2/Jr**
Janvier	5781,6
Février	5148,9
Mars	5682,9
Avril	5513,1
Mai	5103
Juin	3811,5
Juillet	4259,4
Août	4572,3
Septembre	4611,6
Octobre	4701,3
Novembre	4979,1
Décembre	5483,1
Moyenne	4970,65

Pour garantir un dimensionnement optimal, nous avons retenu une irradiation solaire moyenne de **4,9 kWh/m²/jour.** Ce choix permet d'éviter un surdimensionnement du système tout en assurant une production énergétique suffisante pour alimenter la pompe de manière fiable et continue.

IV.2.1.2 **Estimation du rendement global**

Pour estimer le rendement global du système, nous avons pris en compte toutes les pertes, depuis le raccordement des câbles des champs photovoltaïques au coffret de protection jusqu'au moteur de la pompe. Cette approche permet d'obtenir une valeur réaliste du rendement global, présentée dans le Tableau 4.

Tableau 4: Tableau du rendement global du système d'alimentation électrique avec le PV

ESTIMATION DU RENDEMENT GLOBAL	
Rendement onduleur	0,98
Rendement coffret de protection DC	0,97
Rendement Pompe (hydraulique)	0,6
Rendement moteur	0,85
Raccordements	0,75
Rendement global	**36%**

IV.2.1.3 Calcul de la puissance crête nécessaire

Nous obtenons par application numérique de la formule (14) une puissance crête de **5 225 Wc**

IV.2.2 Dimensionnement du champ photovoltaïque et implantation

IV.2.2.1 Dimensionnement du champ photovoltaïque

- **Choix des modules PV**

Notre choix s'est porté sur le **HONOR SOLAR 380 Wc**, l'un des modules PV de nouvelle génération basés sur la technologie **monocristalline PERC**, largement utilisée dans les systèmes PV modernes en raison de son rendement élevé (20,9 %) et de sa bonne performance en conditions réelles. (Voir fiche technique en Annexe 3)

Le nombre nécessaire de ce type de module pour une puissance crête de 5225 Wc est donné par la formule (15) [14]:

$$N_{\min_modules} = \frac{P_{C_Totale}}{P_{C_module}} \quad (15)$$

Application numérique :

$$N_{\min_modules} = \frac{5225}{380}$$

$N_{\min_modules} = 13{,}75$ soit **14 modules PV**

❖ Choix de l'onduleur

Pour ce projet, nous avons retenu le variateur de fréquence (VDF) **VACON X100 de 5,5 kW** (référence VACON 0100-3L-0012-4-X+A1181+MHGR). Ce choix se justifie par sa capacité à gérer efficacement la variation de vitesse, à optimiser la consommation énergétique et à assurer la protection du moteur. Le VDF garantit également une compatibilité optimale avec les systèmes photovoltaïques et offre la possibilité de gérer deux sources d'alimentation. Aussi, il assure un basculement automatique entre ces sources en analysant et comparant les paramètres électriques, notamment la tension et la fréquence du réseau et du champ photovoltaïque.(voir fiche technique en Annexe 5).

La formule (16) permet d'obtenir le nombre d'onduleur pour notre système [14]:

$$\frac{0{,}9 \times P_{c_Totale}}{P_{ond}} \leq N_{ond} \leq \frac{1{,}1 \times P_{c_Totale}}{P_{ond}} \quad (16)$$

Application numérique :

$$\frac{0{,}9 \times 5225}{5500} \leq N_{ond} \leq \frac{1{,}1 \times 5225}{5500}$$

$$0{,}855 \leq N_{ond} \leq 1{,}045$$

Nous garderons un **VDF.**

❖ Détermination du nombre de modules et de la configuration du champ PV

Le Tableau 5 présente des données pour la détermination de la configuration du champ PV

Tableau 5: Tableau des données pour la détermination de la configuration du champ PV

Désignations	Valeurs
Température ambiante minimale (T_{amb_min})	10 °C
Température ambiante maximale (T_{amb_max})	40 °C
CARACTÉRISTIQUES DES PANNEAUX	
Tension panneau à (V_{mo_mod})	35.2
Puissance nominale (P_{mpp})	380 W
Coefficient de température (K_{T_Vmp})	-0.3 %/°C
$T_{cell_min} = T_{amb_min}$	15 °C
$T_{cell_max} = T_{amb_max} + 25$ °C	65 °C
CARACTÉRISTIQUES ONDULEUR	
Tension minimale DC (V_{min_ond})	400 V
Tension maximale DC (V_{max_ond})	800 V

❖ **Variation de la tension des modules en fonction de la température**

La variation de la tension des modules en fonction de la température est calculée avec les formules suivantes (17) et (18) [14] :

$$V_{mp_min} = V_{mp}\left[1 + \frac{K_{T_Vmp}}{100}\left(T_{cell_max} - T_{STC}\right)\right] \quad (17)$$

$$V_{mp_max} = V_{mp}\left[1 + \frac{K_{T_Vmp}}{100}\left(T_{cell_min} - T_{STC}\right)\right] \quad (18)$$

Application numérique de (17) : $V_{mp_min} = 35{,}2 * \left[1 + \frac{(-0{,}3)}{100} * (65 - 25)\right]$

$$\mathbf{V_{mp_min} = 30.976\ V}$$

Application numérique de (18) : $V_{mp_max} = 35{,}2 * \left[1 + \frac{(-0{,}3)}{100} * (10 - 25)\right]$

$$\mathbf{V_{mp_min} = 36.784\ V}$$

❖ **Nombre de module par string**

Le nombre de module en série est déterminé par inéquation (19) [14] :

$$\frac{V_{min_ond}}{V_{mp_min}} \times 1{,}1 \leq N_s \leq \frac{V_{max_ond}}{V_{mp_{max}}} \times 0{,}95 \quad (19)$$

Application numérique : $\frac{436}{30{,}976} \times 1{,}1 \leq N_s \leq \frac{800}{36{,}784} \times 0{,}95$

$$15{,}48 \leq N_s \leq 20{,}66$$

$$N_s = [15; 20]$$

Donc nous aurons entre 15 et 20 modules par string. Nous retiendrons alors **15 modules.**

❖ **Nombre de strings et choix de la configuration optimale**

La formule pour déterminer le nombre de string pour un onduleur est la suivante (20) [14] :

$$N_p = \frac{P_{c_Totale}}{N_s \times N_{ond} \times P_{mpp_mod}} \quad (20)$$

➢ Pour N_S =15 et N_{ond} = 1 ; on a :

$$N_p = \frac{5225}{15 \times 1 \times 380}$$

N_P = 0,91 soit 1string

❖ **Configuration retenue pour le champ PV**

Nous avons retenu une configuration composée de 15 modules photovoltaïques, regroupés en un **string unique de 15 modules en série**, permettant d'obtenir une **puissance crête de 5700 Wc**, légèrement supérieure à la puissance crête totale calculée précédemment (5225 Wc). Le *Tableau 6* présente les résultats des caractéristiques du champ.

Tableau 6: Caractéristiques électriques du champs PV

CONFIGURATION DU CHAMP PV CHOISIE	
Nombre de modules en série Ns	**15**
Nombre de strings Np	**1**
Tension du système (V)	**528**
Courant système (A)	**10,82**
Puissance crête à installer P (Wc)	**5700**

IV.2.2.2 Implantations du champs PV

L'implantation du champ PV consiste à analyser l'orientation, l'inclinaison, l'espacement entre les rangées, la configuration des strings et les défis propres au site.

❖ Détermination de l'orientation ou l'azimuth

L'azimut est l'angle horizontal qui indique l'orientation du plan des modules photovoltaïques par rapport à l'axe nord-sud dans le plan horizontal. Par convention, elle est de 0° au Nord et 180° au sud.

Pour les installations solaires dans l'hémisphère Nord comme la Guinée, l'orientation optimale est plein Sud (azimut = 180°), car elle permet de capter un maximum de rayonnement solaire tout au long de la journée.

❖ Calcul de l'inclinaison

Inclinaison optimale est celle qui permet d'optimiser la production des module PV pendant le mois le moins ensoleillé. Elle est calculé par la formule (21) [14].

$$\beta = \delta + \gamma \tag{21}$$

Où :

β est l'inclinaison ;

γ est la latitude de la localité (7.809617°) ;

δ est la déclinaison (angle entre le rayon solaire et le plan de l'équateur).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	mai	Jui.	Jui.	Aoû.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
δ	+13°	+7°	0°	-7°	-13°	-20°	-13°	-7°	0°	+7°	+13°	+20°

Figure 5 : Valeur de la déclinaison en fonction du mois

La valeur de la déclinaison utilisée est celle du mois le moins ensoleillé (juin). Après calcul, nous obtenons une inclinaison théorique de 12,105°.

Cependant, au-delà des considérations théoriques, l'inclinaison des modules doit également répondre à des contraintes pratiques, telles que la facilitation de l'écoulement des eaux de pluie pour éviter toute stagnation, ainsi que l'évacuation des débris et poussières susceptibles de s'accumuler sur la surface des panneaux. En tenant compte de ces considérations, nous retiendrons **une inclinaison de 15°**.

Toutefois, afin d'assurer la fiabilité et la continuité de l'alimentation électrique, notamment en cas de défaillance ou d'insuffisance de la production solaire, il convient d'intégrer un dispositif de secours.

IV.2.3 Dimensionnement du groupe électrogène

Pour le dimensionnement du groupe électrogène, nous nous appuyons sur les caractéristiques électriques de la pompe ainsi que sur les contraintes liées à l'utilisation du VDF.

Étant donné que le groupe électrogène alimentera le moteur de la pompe via le VFD, le courant d'appel au démarrage est fortement réduit. Par conséquent, le dimensionnement du groupe électrogène va se baser uniquement sur la puissance nominale de la pompe et les caractéristiques électriques du moteur, sans tenir compte des surintensités transitoires. Cette approche permet d'optimiser la taille du groupe électrogène tout en garantissant la compatibilité avec la charge.

IV.2.3.1 Calcul de la puissance appelée

La puissance appelée par le moteur est calculée par l'équation (22) [14]:

$$P_{Elec} = \frac{\mathrm{P}_h}{n_{moteur} \times n_{VDF}} \quad (22)$$

Application numérique **:** $P_{Elec} = \frac{3}{0,81 \times 0,98}$

Alors la puissance appelée par le moteur est **P_{Elec} = 3,60 kW.**

IV.2.3.2 Calcul de la puissance apparente

Pour le calcul de la puissance apparente, nous avons appliqué un coefficient d'extension et de sécurité de **1,5**. Ce coefficient a pour objectif de couvrir plusieurs aspects critiques du fonctionnement du système, à savoir :

- Compensation des pertes supplémentaires dues aux composants électroniques, notamment du VFD, qui introduit des pertes et des harmoniques dans le réseau.
- Prise en compte des fluctuations de charge et des conditions transitoires pouvant survenir lors du démarrage ou des variations de vitesse de la pompe.
- Garantir une marge de fiabilité pour éviter que le groupe électrogène ne fonctionne en surcharge en cas du remplacement du moteur de la pompe.
- Anticiper les conditions environnementales (température, humidité et altitude) qui peuvent influencer la performance réelle du groupe électrogène (Voir la vérification des conditions de fonctionnement du GE selon la norme 3046 en Annexe 4).

$$S = \frac{P_{Elec}}{Cos\varphi} \times 1{,}5 \quad (23)$$

Application numérique : $S = \frac{3{,}6}{0{,}81} \times 1{,}5$

On a alors S = 6,67 KVA

Le Tableau 7 présente les données de référence et les résultats de calcul sur Excel.

Tableau 7: Tableau de dimensionnement du GE

Désignation	**Valeurs**
Puissance nominale moteur pompe kW)	3
Rendement moteur pompe	85%
Rendement VDF	98%
Puissance appelée (kW)	3,60
Facteur de puissance	81%
Puissance apparente (kVA)	4,45
Coefficient de sécurité et majoration	1,5
Puissance apparente Totale (kVA)	6,67

IV.2.3.3 Choix du groupe électrogène

Nous avons choisi un GE de marque **REHLKO** de **8,9 kVA**, reconnu pour sa fiabilité et sa capacité à maintenir une tension stable, ce qui est essentiel pour le bon fonctionnement du variateur de fréquence et du moteur de la pompe. (Voir la fiche technique en Annexe 4)

IV.2.4 Détermination de la section des câbles

IV.2.4.1 Section de câble côté DC

La formule (24) permet de calculer la section de câbles côté DC est [14]:

$$S = \frac{2 \times \rho \times L \times I}{\Delta V(\%) \times V} \quad (24)$$

Où :

- ΔV (%) est la chute de tension limite en pourcentage ;
- L la longueur du câble (m) ;
- ρ la résistivité (Ω mm² /m) ;

- V et I sont respectivement pour le :
    - Générateur PV – Coffret de protection DC : Vpm et Ipm
    - Coffret de protection DC – VDF: V_{BJ} et Irécepteur

Nous avons choisi des câbles en cuivre de résistivité **ρ = 0,017 Ω mm² /m**

Les résultats de calcul sont présentés dans le Tableau 8.

Tableau 8: Résultats de calculs des sections de câbles côté DC

Câble de liaison	Courant max (A)	Tension du circuit (V)	Longueur (m)	Chute de tension	Section calculée (mm²)	Section normalisée retenue (mm²)
CIRCUIT DC						
Module – Module	10,82	492,8	10	3%	0,249	**1 x 4 mm²**
Module – Coffret DC	10,82	492,8	25	3%	0,622	**2 x 6 mm²**
Coffret DC – VDF	10,82	492,8	10	3%	0,249	**2x 6 mm²**

IV.2.4.2 Section de câble côté AC

La formule de calcul de la section de câbles côté AC est donnée par l'équation (25) [14] :

$$S = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times L \times I}{\Delta U(\%) \times U} \quad (25)$$

Où :

- ΔU (%) est la chute de tension limite en pourcentage ;
- L est la longueur du câble (75m) ;
- ρ est la résistivité (0,017Ω mm² /m) ;
- U est la tension du moteur (400V) ;
- I est le courant nominale de la pompe (A).

On obtient par application numérique :

$$S = \frac{\sqrt{3} \times 0{,}017 \times 65 \times 7{,}9}{1\% \times 400}$$

S= 3,78 mm²

Ainsi, nous avons choisi un câble en **cuivre de section égale à 4x4mm²** .

Pour la mise à la terre (MALT), un conducteur vert-jaune de 16 mm² sera utilisé pour les liaisons de protection, tandis qu'un conducteur en cuivre nu de section 25 mm² assurera la prise à la terre principale. Le carnet de câbles du système d'alimentation électrique est présenté en Annexe 9

IV.2.5 Dimensionnement des dispositifs de protection

Les dispositifs de protection seront dimensionnés en tenant compte des conditions climatiques de la région ainsi que du niveau kéraunique, afin de garantir une sécurité optimale contre les surtensions et les risques liés aux orages (Annexe 7).

IV.2.5.1 Protection côté DC

❖ **Parafoudre DC**

- **Calcul du niveau d'exposition FPV**

Le niveau d'exposition FPV est calculé par la relation (26) [14] :

$$\mathrm{PV} = \mathrm{NK} \times (1 + \emptyset + \delta) \qquad (26)$$

Où :

- FPV est le niveau d'exposition ou fréquence probable de violation.
- NK est un facteur de base ou nombre de cycles/périodes de l'exposition initiale.
- Φ est le facteur de correction
- δ est un Paramètre additionnel qui ajuste pour un facteur spécifique supplémentaire

La Guinée étant situé en Afrique de l'Ouest donc une zone à risque (voir Annexe 7) ; nous prendrons $NK \geq 25$; $\mathrm{N}K$ =180

Recommandation de type 2 : $\emptyset = 1$, $\delta = 0{,}5$

$$PV = 180 \times (1 + 1 + 0{,}5)$$

$$\boldsymbol{PV = 450}$$

$PV \geq 80$ donc $\boldsymbol{In}$ = $\mathbf{20\ kA}$

Nous utiliserons donc un parafoudre de $\boldsymbol{In}$ **= 20 *kA*.**

❖ **Interrupteur sectionneur**

Au regard des valeurs indiquées dans le Tableau 6, nous avons retenu un coffret DC de type **Eutelec 1ST/MC4**, équipé d'un interrupteur sectionneur d'une capacité de 600 V et 40 A (voir Annexe 6).

IV.2.5.2 Protection côté AC

Le Variateur de Fréquence VACON X100 joue un rôle essentiel dans la protection et la gestion de la partie courant alternatif (AC) de notre système. Son intégration permet non seulement de contrôler la vitesse et le couple des moteurs, mais également d'assurer une protection complète contre les anomalies électriques. Ci-dessous, les principales fonctions de protection qu'il offre [15]:

❖ **Protection contre les surcharges et surintensités**

Le VDF est équipé de dispositifs de détection qui surveillent en permanence le courant absorbé par le moteur. En cas de surcharge prolongée ou de surintensité, il déclenche une alarme ou un arrêt automatique pour éviter la détérioration des enroulements et des câbles.

❖ **Protection contre les courts-circuits**

Grâce à ses circuits électroniques et ses fusibles internes, le VDF limite les effets destructeurs d'un court-circuit en interrompant rapidement le flux de courant, protégeant ainsi le moteur et les équipements en aval.

❖ **Protection thermique**

Le VDF intègre des sondes et algorithmes qui surveillent la température interne du moteur et du variateur. En cas de surchauffe, il réduit la charge ou arrête le système pour prévenir les dommages.

❖ **Protection contre les surtensions et sous-tensions**

Il assure une régulation dynamique de la tension d'alimentation. Si la tension dépasse les seuils admissibles (surtension) ou chute en dessous (sous-tension), le VDF agit pour éviter les dysfonctionnements et préserver la durée de vie des composants.

❖ **Protection contre les défauts de phase**

Le VDF détecte les pertes ou inversions de phase dans le réseau AC. Cette fonction permet d'éviter les déséquilibres qui peuvent endommager le moteur ou provoquer des arrêts intempestifs.

- **Fonction de démarrage progressif et arrêt contrôlé**

En limitant les appels de courant au démarrage et en assurant un arrêt en douceur, le VDF réduit les défis mécaniques et électriques, ce qui contribue à la protection globale du système.

IV.3 Configuration de la station de pompage

IV.3.1 Configuration de la partie hydraulique

Étant donné que le débit de pompage journalier (105 m^3/j) dépasse la capacité du réservoir de stockage (80 m^3), et que la production peut excéder la demande, il est indispensable de mettre en place un dispositif de régulation du pompage. Cette régulation sera assurée par un pressostat de sécurité raccordé au VDF, choisi en fonction de la pression de refoulement de l'eau dans le réservoir. Ce dispositif permettra d'adapter la vitesse de la pompe en fonction de la pression mesurée, garantissant ainsi un arrêt automatique lorsque la pression atteint le seuil critique pour éviter le débordement et les coups de bélier.

La conduite de refoulement est équipée d'une part des dispositifs suivants en amont de :

- **Une ventouse** : pour l'évacuation de l'air emprisonné dans la conduite et éviter les coups de bélier ;
- **Un robinet à boisseau sphérique de puisage** : destiné à la purge et au nettoyage des modules ;
- **Un clapet anti-retour** : pour empêcher le retour d'eau et protéger la pompe ;
- **Un pressostat de sécurité réglé à 3,5 ou 4 bars** (en fonction de la pression réelle du refoulement) : assurant la protection contre les surpressions dans le réseau ;
- **Un compteur d'eau** : installé pour connaître le débit pompé en amont.

Et d'autre part, des dispositifs suivants en aval de :

- **Une cuve de 200 L pour le chlore** : destinée à la préparation de la solution chlorée.
- **Une pompe doseuse** : pour injecter la quantité nécessaire de chlore dans le réservoir, assurant la désinfection de l'eau.

- **Un robinet à boisseau sphérique de puisage** : permettant de remplir la cuve de 200 L avec de l'eau afin de mélanger le chlore avant injection.
- **Un flotteur d'arrêt** : qui se ferme en position horizontale pour réguler le niveau et éviter tout débordement.
- **Un compteur d'eau** : installé pour connaître le débit réellement refoulé dans le réservoir et contrôler la consommation.
- **Une vanne d'arrêt** : pour faciliter les opérations de maintenance et d'entretien du système.

IV.3.2 Configuration électrique du système d'alimentation hybride PV/GE

La configuration retenue privilégie l'utilisation de l'énergie solaire comme source principale, afin de réduire significativement les coûts d'exploitation et de tirer parti d'une ressource renouvelable, gratuite et respectueuse de l'environnement. Cette approche s'inscrit dans une logique de durabilité et d'autonomie énergétique, en exploitant au maximum la production solaire disponible pendant la journée.

Le GE n'interviendra qu'en dernier recours, dans des situations critiques où la production solaire a été insuffisante toute la journée et que l'eau stockée dans le réservoir ne couvre pas les besoins de consommation nocturne et du matin. Son démarrage sera effectué manuellement via un interrupteur sectionneur, placé en amont du VDF.

Cette stratégie présente plusieurs avantages tels que :

- ✓ L'optimisation économique dans la réduction des dépenses liées au carburant et à l'entretien du GE.
- ✓ La fiabilité opérationnelle du système en garantissant la disponibilité d'une source de secours pour éviter toute interruption de service.
- ✓ La réduction de l'impact environnemental dans la diminution des émissions de gaz à effet de serre grâce à la priorité donnée au solaire.

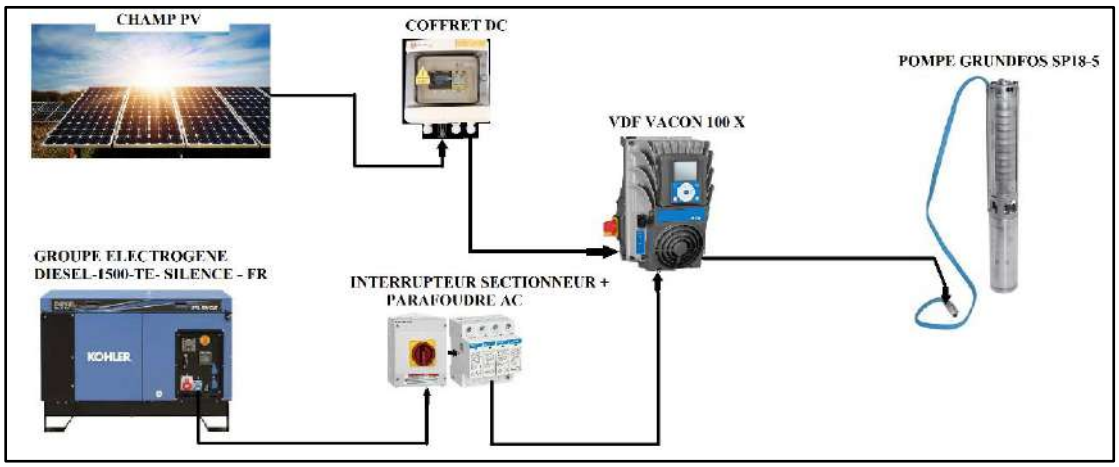


Figure 6: Schéma synoptique du système d'alimentation hybride champ PV/GE

Le schéma unifilaire correspondant au schéma synoptique est présenté en Annexe 8 pour une meilleure compréhension de l'architecture électrique du système.

V. ÉTUDE FINANCIÈRE ET PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (PGES)

V.1 Etude financière

L'analyse financière a pour objectif d'examiner les coûts liés à la réalisation, à l'exploitation et à la maintenance des infrastructures, tout en intégrant l'étude des recettes prévisionnelles. Cette partie propose une évaluation des paramètres financiers en s'appuyant sur des indicateurs essentiels de rentabilité.

Le coût global du projet se compose de deux volets principaux :

- l'investissement initial, ou CAPEX (Capital Expenditure) ;
- et les dépenses liées à l'exploitation et à la maintenance, ou OPEX (Operating Expenditure).

V.1.1 L'investissement initial (CAPEX)

Pour le site de Kpaya, l'investissement initial (CAPEX) est évalué à deux cent vingt-quatre mille deux cent soixante et onze euros **(224 271 €),** soit environ deux milliards deux cent soixante-dix millions soixante et onze mille cent soixante-sept francs guinéens **(2 270 071 167 GNF).** Le Tableau 9 présente le résumé du devis dont les détails se trouvent en Annexe 14

Tableau 9: Résumé du devis financier du SEAP

RESUME DU DEVIS FINANCIER DU SAEP DE KPAYA		
N°	**Désignation**	**Total HT HD (€)**
I	Installation de chantier	10 000
II	Génie civil	77 000
III	Aménagement de forage	11 203
IV	Alimentation électrique hybride (PV/GE) pour 105 m3/jr à 33 mCE	2 0623
V	Réseaux hydraulique	64 332
VI	Equipement hydraulique du ce	57 52,9
VII	Formation et matériel de mesure	1 150
TOTAL HT HD		190 060,90
TOTAL TTC		**224 271,86**

V.1.2 Coût d'exploitation (OPEX)

Les coûts d'exploitation englobent toutes les dépenses récurrentes occasionnées par le fonctionnement et l'entretien des systèmes pendant leur durée de vie opérationnelle. Une période d'analyse de 15 ans a été retenue pour cette évaluation.

Pour mener à bien cette analyse, plusieurs hypothèses ont été formulées sur les durées de fonctionnement de certains équipements, comme le GE, qui est le poste le plus significatif utilisé en secours (Emergency Stand-by Power), et est supposé fonctionner à moins de 300 h par an.

Ensuite, nous avons calculé le coût actualisé pour chaque unité d'équipement en fonction de sa durée de fonctionnement et des coûts de remplacement. Ce coût futur, actualisé à la valeur présente, est déterminé à l'aide de la formule (27) :

$$\text{Coû_Actualisé} = \text{Valeur_Actuelle} \times (1 + \text{r})^{\text{n}} \qquad (27)$$

Où :

- r =7% :est le taux d'actualisation annuel supposé constant sur la durée du projet,
- n=15 ans est le nombre d'années dans le futur,
- Coût_Actualisé est le coût prévu à l'année n du projet.

Les coûts d'exploitation (OPEX) sur une période de 15 ans sont estimés à vingt-quatre mille trois cent soixante-quatorze euros (**24 374 €)** soit deux cent quarante-six millions six cent soixante-quatre mille neuf cent cinquante-trois francs guinéens **(246 664 953 GNF).** Ce qui représente **10,86 %** du CAPEX. (Voir Annexe 15)

V.1.3 Temps de retour sur investissement

Le Temps de Retour sur Investissement, aussi appelé période de retour ou payback, est un indicateur financier qui mesure le temps nécessaire pour récupérer le capital investi grâce aux économies ou revenus générés par le projet. Le coût global du projet (CAPEX + OPEX) sur les 15 ans est estimé à deux cent quarante-huit mille six cent quarante-six euros **(248 646 €),** soit deux milliards cinq cent seize millions sept cent quatre-vingt-quatorze mille neuf cent vingt-neuf francs guinéens **(2 516 794 929 GNF).**

Par ailleurs, le coût du mètre cube d'eau pour les AEPS est fixé à cinq mille francs guinéens (**5 000 GNF)** (tarif SNAPE), soit environ **0,5 €.** En supposant que l'intégralité de la production

soit consommée, le revenu généré sur la période d'étude s'élève à deux cent quatre-vingt-sept mille quatre cent trente-huit euros **(287 438 €)**, ce qui représente un bonus équivalent à **1,156 %** du coût global.

V.1.4 Analyse comparative du groupe électrogène et du système hybride

Afin d'évaluer la pertinence économique des différentes options d'alimentation énergétique, cette section présente une analyse comparative des coûts associés à une solution hybride PV/GE par rapport à une alimentation exclusivement assurée par un GE pour le système de pompage étudié.

Pour le système hybride PV/GE, le coût global (CAPEX+ OPEX) estimé sur 15 ans est de quarante et un mille quatre cent onze euros **(41 411 €),** soit quatre cent dix-neuf millions cent cinquante-deux mille trente-neuf francs guinéens **(419 152 039 GNF).**

En revanche, pour une alimentation exclusivement assurée par le GE avec 6 heures de fonctionnement par jour, le coût global sur la même période est estimé à cinquante et un mille cent quatre-vingt-dix-neuf euros **(50 199 €),** soit cinq cent huit millions cent quatorze mille trois cent un francs guinéens **(508 114 301 GNF) (Voir** Annexe 16**).**

On constate qu'avec le système hybride, une économie de huit mille sept cent quatre-vingt-huit euros **(8 788 €)** est réalisée sur la période étudiée, ce qui démontre l'intérêt d'opter pour un système hybride, non seulement du point de vue économique, mais également pour sa contribution à la protection de l'environnement.

V.2 Plan de gestion environnemental et social (PDES)

Le Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES) constitue un outil essentiel pour assurer la conformité du projet aux exigences légales et réglementaires en matière de protection de l'environnement et de responsabilité sociale. Il s'appuie sur le cadre législatif national et international régissant les projets, notamment les dispositions relatives à la réalisation d'une notice d'impact ou d'une étude d'impact environnemental et social.

D'après les exigences réglementaires en vigueur en République de Guinée, notamment celles encadrant la réalisation et la validation des études environnementales et sociales, le présent projet de mise en place d'un système de pompage solaire photovoltaïque hybride (PV/GE) pour l'alimentation en eau potable est classé dans le secteur d'activité ÉNERGIE et

HYDRAULIQUE, en raison de l'installation d'équipements de production d'énergie et d'infrastructures hydrauliques en milieu rural. Selon la typologie nationale, ce type de projet est classé en **catégorie B**, car il peut générer des impacts environnementaux et sociaux modérés, localisés et maîtrisables. Ce classement implique l'élaboration d'une **Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES)**.

Dans le cadre du développement de ce projet, une NIES a été réalisée afin d'identifier les principaux enjeux liés à l'environnement, à la santé, à la sécurité et aux conditions de vie des populations bénéficiaires. Sur la base des conclusions de cette notice, le présent document propose un Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES**)** intégrant les mesures d'atténuation, de prévention et de suivi environnemental et social adaptées aux spécificités du système de pompage solaire hybride.

V.3 État des lieux environnemental et social

V.3.1 Aspect environnemental

Le site rural choisi pour le système de pompage solaire hybride présente un bon ensoleillement et un terrain plat, favorable à l'installation. La végétation et la biodiversité sont principalement agricoles avec quelques zones boisées. Les risques identifiés incluent le bruit et les émissions du groupe électrogène, la gestion des déchets PV et la pollution potentielle du sol ou de l'eau. Des mesures de prévention et de mitigation seront mises en place pour réduire ces impacts.

V.3.2 Aspect social

Le projet contribue à améliorer l'accès à l'eau potable et offre des opportunités d'emploi et de formation locale. La santé et la sécurité des populations autour des installations sont prises en compte par des mesures préventives et de sensibilisation. L'adhésion et la participation des communautés locales seront assurées pour renforcer l'acceptabilité et maximiser les bénéfices sociaux.

V.4 Identification des impacts environnementaux et sociaux

Cette section a pour objectif d'identifier les impacts potentiels, qu'ils soient positifs ou négatifs, liés au projet. Le Tableau 10 présente les activités génératrices d'impact ainsi que les risques associés.

Tableau 10:Identification des impacts potentiels du projet

Activités / source d'impact	Description	Risques	Nature	Étendue
Construction du château d'eau (80 m³, 4 m)	Travaux de terrassement et montage de la structure	- Érosion des sols et perturbation du drainage - Risque d'accident pour les travailleurs lors du montage- Impact visuel sur le paysage	Négatif	Forte
Installation du champ PV et supports	Pose des modules et structures de support	- Défrichement de la végétation, perte d'habitats naturels- Perturbation de la faune locale	Négatif	Moyenne
Travaux de terrassement pour le bassin et fondations	Creusement pour supports de pompage et réservoir	- Érosion du sol - Perturbation du drainage naturel	Négatif	Forte
Utilisation d'équipements lourds	Transport et mise en place de panneaux, pompe et GE	- Compaction du sol - Émissions de gaz et bruit	Négatif	Forte
Gestion des déchets techniques (PV, câbles, emballages)	Déchets générés par l'installation et les emballages	- Pollution du sol et de l'eau- Risque pour la santé	Négatif	Moyenne
Fonctionnement du groupe électrogène	Émissions sonores et atmosphériques	- Pollution de l'air (CO, NOx)- Bruit affectant les habitants	Négatif	Moyenne
Désinfection de l'eau (chlore)	Traitement de l'eau stockée dans le château d'eau	- Risques liés à la manipulation du chlore pour les opérateurs - Possibilité de surdosage affectant la qualité de l'eau	Négatif / Positif*	Moyenne
Alimentation en eau potable (pompage)	Amélioration de l'accès à l'eau pour la communauté	- Meilleure santé publique - Réduction de la pénibilité pour les populations	Positif	Forte
Sécurité et formation des populations	Sensibilisation et maintenance du système	- Réduction des accidents liés à l'électricité et aux équipements - Formation et montée en compétence technique	Positif	Moyenne

V.5 Mesures de réponse et de gestion des impacts

Les mesures proposées visent à réduire les impacts négatifs et à renforcer les effets positifs du projet, dans le cadre d'une gestion environnementale et sociale responsable. Le Tableau 11 détaille les activités génératrices d'impact, leur nature et les actions à mettre en œuvre pour répondre aux enjeux identifiés.

Tableau 11: Les mesures de gestion des impacts du projet

Activités / source d'impact	Mesure d'atténuation / Bonification
Construction du château d'eau (80 m³, 4 m)	- Mise en place de dispositifs anti-érosion autour du site - Respect des normes de montage pour la sécurité des travailleurs - Intégration paysagère pour limiter l'impact visuel
Installation du champ PV et supports	- Reboisement et compensation écologique pour les arbres abattus - Limitation de l'emprise du terrain et protection de la faune locale
Travaux de terrassement pour fondations et bassin	- Restauration des zones érodées après les travaux - Stabilisation des sols avec revêtements ou plantations
Utilisation de véhicules et équipements lourds	- Utilisation d'équipements conformes aux normes d'émission- Limitation de la vitesse et du bruit sur site - Plan de maintenance pour limiter les fuites d'huile et carburant
Gestion des déchets techniques et de construction	- Collecte et tri des déchets - Recyclage des matériaux PV, câbles et emballages - Gestion sécurisée des produits dangereux (chlore, lubrifiants, carburant)

Fonctionnement du groupe électrogène	- Maintenance régulière pour limiter les émissions et le bruit - Implantation à distance des habitations pour réduire la gêne sonore
Désinfection de l'eau (chlore)	- Formation des opérateurs à la manipulation du chlore - Dosage contrôlé pour garantir la sécurité sanitaire - Suivi régulier de la qualité de l'eau
Alimentation en eau potable (pompage)	- Sensibilisation des populations sur l'usage rationnel de l'eau - Suivi de la continuité et qualité du service
Sécurité et formation des populations / travailleurs	- Formation aux risques électriques et mécaniques - Équipements de protection individuelle (EPI) - Présence d'un responsable Hygiène Santé Environnement (HSE)
Déplacements involontaires / changement d'affectation des terres	- Consultation et concertation avec les populations locales - Mise en place d'un comité de gestion des plaintes - Accompagnement des ménages relocalisés
Perturbation des activités locales	- Coordination avec les communautés pour limiter l'impact sur l'agriculture et l'accès aux zones- Planification des travaux selon les périodes de faible activité agricole
Emploi et économie locale	- Formation professionnelle pour les emplois créés- Encouragement des activités économiques durables autour du projet

VI. RÉSULTATS DE L'ÉTUDE TECHNIQUE

Ce chapitre présente les principaux résultats obtenus à partir du dimensionnement technique, des simulations énergétiques et de l'évaluation opérationnelle du système hybride solaire PV/GE. Les analyses effectuées permettent d'évaluer la capacité du système à couvrir les besoins énergétiques du pompage, la qualité de la continuité de service, ainsi que le niveau de réduction de la consommation de carburant obtenu grâce à la priorité donnée au solaire. En parallèle, l'étude met en évidence les impacts environnementaux et sociaux associés à la mise en œuvre des infrastructures et les bénéfices qui en découlent pour les populations et pour la protection de l'environnement.

VI.1 Rappel des objectifs et livrables initiaux

L'objectif principal du stage est de réaliser une étude technico-économique d'un système de pompage d'eau potable alimenté par une source hybride (énergie solaire photovoltaïque et groupe électrogène).

Les objectifs spécifiques définis incluent :

- la réalisation d'un diagnostic énergétique et hydraulique des besoins du site cible ;
- la définition d'une solution de pompage au fil du soleil adaptée aux défis locaux (ressources, climat, logistique) avec un groupe électrogène comme source de secours ;
- l'optimisation du dimensionnement des composants électriques et hydrauliques ;
- la proposition d'un scénario technico-économique soutenable et facilement reproductible ;
- la réalisation du dossier technique d'exécution du projet.

VI.2 Résultats techniques issus du calcul manuel

VI.2.1 Analyse des résultats hydrauliques

Le dimensionnement hydraulique a permis d'estimer les paramètres essentiels pour garantir le fonctionnement optimal du système de pompage.

❖ **Estimation des besoins journaliers**

Les calculs réalisés pour l'estimation du débit journalier requis ont permis d'obtenir une valeur de 116,93 m³/j pour l'année 2025 et de 135,77 m³/j pour l'horizon 2040. Ces résultats traduisent l'évolution progressive de la demande en eau potable, en cohérence avec la croissance démographique. Ces valeurs intègrent la consommation domestique de base, à laquelle ont été ajoutés 10 % pour couvrir la consommation non domestique ainsi que 10 % supplémentaires pour tenir compte des pertes dans le réseau de distribution.

Cependant, le Débit Journalier Retenu (DJR) dans le DAO est 105 m³/j. Cette comparaison met en évidence que l'estimation du besoin en eau de la localité de Kpaya réalisée dans le DAO correspond à une approche à court terme, ne prenant pas en compte l'ensemble des pertes du réseau. Elle suggère également que le dimensionnement initial n'intègre pas une marge suffisante pour absorber l'évolution future de la demande ou les inefficiences éventuelles du système.

❖ Capacité du réservoir de stockage

À l'horizon 2040, avec une demande projetée de 135,77 m³/j, la capacité requise est estimée à 81,46 m³. Au regard de ces estimations, notre choix s'est porté sur un réservoir préfabriqué en aluminium offrant un volume nominal de 80 m³ et un volume maximal de 81,55 m³, parfaitement adapté aux besoins actuels et futurs.

Le choix du réservoir en aluminium se justifie par plusieurs raisons techniques, à savoir **:**

- **Sa résistance à la corrosion :** l’aluminium offre une excellente tenue face aux conditions climatiques tropicales et à l’humidité, garantissant une longue durée de vie du réservoir.
- **Faible poids :** sa légèreté facilite le transport, la manutention et l’installation, surtout dans les zones rurales difficilement accessibles comme Kpaya.
- **Rapidité de montage :** les réservoirs en aluminium préfabriqués s’assemblent rapidement, réduisant les délais d’exécution du projet.
- **Facilité de maintenance :** l’aluminium nécessite peu d’entretien, ce qui limite les coûts d’exploitation pour la commune.
- **Bonne étanchéité et durabilité :** les panneaux préfabriqués assurent une excellente étanchéité et une stabilité structurelle fiable dans le temps.

❖ La HMT et choix de la pompe

Les calculs techniques ont donné une valeur de 32,027 mCE, arrondie à 33 mCE. Le choix de la pompe s'est ainsi porté sur la **Grundfos SP18-5**, une pompe submersible de **3 kW** offrant un débit nominal de **18 m³/h** pour une HMT de **38 mCE**. Ce modèle présente le meilleur compromis pour notre installation en termes de coût, puissance absorbée, rendement, débit fourni et capacité à supporter la HMT exigée, faisant d'elle l'option idéale.

VI.2.2 Analyse des résultats électriques

À l'issue des calculs de production énergétique, la puissance crête nécessaire du champ PV a été estimée à **5225 Wc**. Le choix s'est porté sur les modules **HONOR SOLAR 380 Wc**.

Les calculs de la configuration du champ PV ont conduit à un total de **15 modules**, organisés en **un string de 15 modules en série**. Cette configuration fournit une puissance installée de **5700 Wc** pour une tension totale de 528 Vmp et un courant de 10,82 Amp, des valeurs compatibles avec les exigences d'entrée du VDF **VACON 100X de 5,5 kW**, retenu pour son efficacité dans les systèmes de pompage solaire.

En ce qui concerne le GE, la puissance apparente requise a été évaluée à **6,67 kVA**. Sur cette base, le choix s'est orienté vers un groupe **REHLKO** de **8,9 kVA**, assurant une marge d'exploitation confortable et sécurisée.

La configuration électrique finale garantit une **alimentation prioritaire par le champ photovoltaïque**, conformément à l'orientation énergétique du projet. Le groupe électrogène n'est sollicité **qu'en dernier recours**, uniquement lorsque la production solaire s'avère insuffisante sur l'ensemble de la journée et que le niveau d'eau du réservoir ne permet plus de couvrir les besoins nocturnes et matinaux. Cette stratégie permet d'optimiser la consommation de carburant tout en assurant la continuité du service de pompage.

VI.2.3 Analyse des résultats financiers

L'étude financière montre que le coût global du projet, incluant l'investissement initial (CAPEX) de **224 271 €** et les dépenses d'exploitation (OPEX) de **24 374 €** sur 15 ans, s'élève à **248 646 €**. Les recettes prévisionnelles, basées sur un tarif de **5 000 GNF/m³**, atteignent **287 438 €**, ce qui assure la rentabilité du projet. L'analyse comparative révèle qu'une alimentation hybride PV/GE coûte **41 411 €** contre **50 199 €** pour une alimentation 100 % GE,

générant une économie de 8 788 € et confirmant l'intérêt économique et environnemental du système hybride.

VI.3 Analyse et interprétation des résultats obtenus à l'aide du logiciel

Les simulations réalisées à l'aide des logiciels PVsyst 8.0 et Excel ont permis de confronter et de valider les résultats issus du dimensionnement analytique du système de pompage solaire, tout en analysant son comportement sous des conditions climatiques et hydrauliques réelles.

Les résultats de la simulation sous PVsyst 8.0 ont conduit à une configuration du champ photovoltaïque composée de 14 modules montés en un seul string (Voir Annexe 13). De manière cohérente, les simulations réalisées sous Excel, basées sur l'analyse paramétrique de la production énergétique et du fonctionnement hydraulique du système, ont également montré que 14 modules photovoltaïques suffisent théoriquement pour satisfaire les besoins énergétiques de la pompe dans des conditions nominales.

Ainsi, bien que les simulations sous PVsyst et Excel confirment la faisabilité du système avec 14 modules, l'ajout d'un module photovoltaïque supplémentaire permet d'introduire une marge de sécurité énergétique, assurant le respect des contraintes électriques du variateur de fréquence et la couverture des besoins énergétiques de la pompe dans des conditions réelles non idéales.

- **Evolution du débit de pompage en fonction de la HMT et de l'irradiation journalière pour les températures de 25° C et 40° C**

L'analyse des Annexe 11 et Annexe 12 monte qu'à des températures élevées, le rendement des modules photovoltaïques diminue, entraînant une réduction de la puissance crête (de 5700 Wc à 25°C ; à 5443,5 Wc à 40°C) et, par conséquent, de la production instantanée, sans pour autant compromettre la capacité du système à fournir le débit souhaité. Les courbe indiquent que la production reste proportionnelle à l'irradiation et sensible aux variations de HMT.

- **Evolution de la production moyenne journalière en fonction des irradiations mensuelles pour les températures de 25° C et a 40° C.**

On observe sur la Figure 7 que l'ensoleillement varie selon les saisons, ce qui influence directement le débit moyen journalier (il atteint son maximum en mars et son minimum en juin). Cette fluctuation saisonnière souligne la nécessité d'intégrer ces variations dans le dimensionnement du stockage ou de prévoir des sources de secours (comme le groupe électrogène) afin de garantir la continuité de l'alimentation en eau. Par ailleurs, la comparaison

des deux courbes montre que la température impacte la production. A 40 °C, le débit est légèrement inférieur à celui observé à 25 °C, en raison de la baisse de rendement des modules photovoltaïques liée à la réduction de la puissance crête. Toutefois, cette différence reste faible, ce qui confirme que le système conserve une performance satisfaisante même en conditions de chaleur élevée.

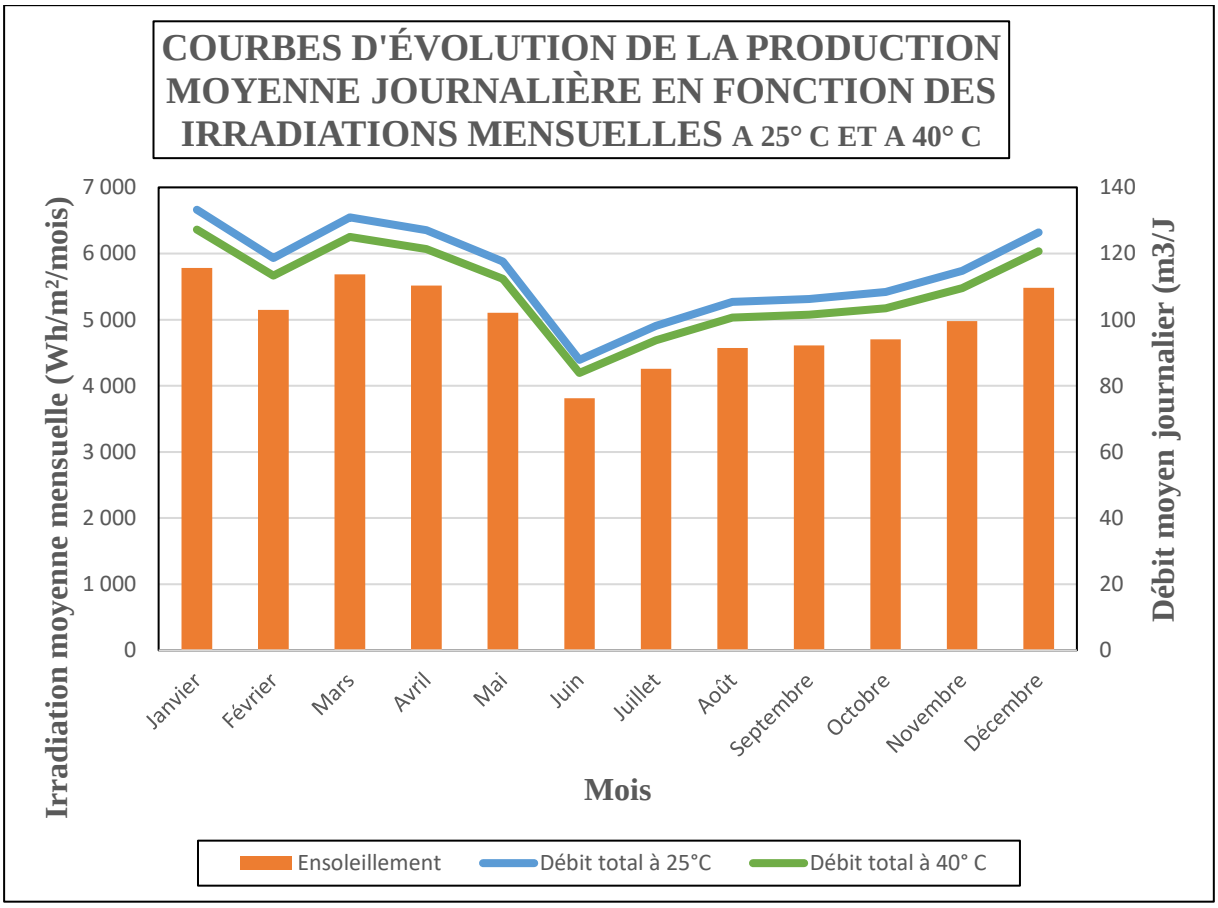


Figure 7: Evolution de la production moyenne journalière en fonction des irradiations mensuelles pour les températures de 25° C et a 40° C

VI.3.1 Simulation avec PVGIS

Le système PV simulé pour Kpaya affiche une performance solide. Pour une puissance de 5,7 kWc, on a une production énergétique annuelle de 8815,19 kWh pour une irradiation annuelle de 1867,73 kWh/an, soit 24,17 kWh/jour. Ce qui nous donne un indice de performance (PR) de 82,8 % et un productible d'environ 1546,52 kWh/kWc/an. Les pertes globales estimées à 17,2 % sont bien maîtrisées Ces résultats traduisent une production stable au fil des mois et confirment la fiabilité du système.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce mémoire a porté sur l'étude et la réalisation d'un système hybride solaire PV/GE destiné à l'alimentation d'un dispositif de pompage d'eau potable pour le village de Kpaya. En premier lieu, le système conçu se veut une solution fiable, durable et économiquement avantageuse, conciliant performance technique, efficience énergétique et respect des impératifs environnementaux. De plus, il présente un caractère réplicable dans des zones rurales confrontées à des défis similaires, contribuant ainsi à l'atteinte des Objectifs de Développement Durable (ODD) 6 et 7.

Tout d'abord, l'analyse hydraulique a permis d'estimer les besoins journaliers en eau à 116,93 m^3 en 2025 et 135,77 m^3 en 2040, tandis que le Débit Journalier Retenu (DJR) pour l'exécution est fixé à 105 m^3/j. En conséquence, la capacité de stockage a été définie à 80 m^3, avec un réservoir préfabriqué en aluminium offrant résistance à la corrosion et faible maintenance. Par ailleurs, une pompe Grundfos SP18-5 (3 kW) capable de fournir 18 m^3/h pour une HMT de 38 mCE a été choisie.

Ensuite, le dimensionnement énergétique a conduit à une puissance crête de 5 700 Wc, obtenue par l'installation de 15 modules HONOR SOLAR 380 Wc en un string unique, complétés par un variateur de fréquence VACON 100X (5,5 kW) pour la régulation. En cas d'insuffisance solaire, un groupe électrogène REHLKO de 8,9 kVA assurera la continuité du service. De plus, les dispositifs de protection et les câbles choisis respectent la norme UTE-C157-12-1.

Par ailleurs, les simulations PVGIS indiquent un indice de performance (PR) de 82,8 % et un productible d'environ 1 546,52 kWh/kWc/an. En complément, les simulations sur Excel montrent que le système couvre largement les besoins en période favorable.

Sur le plan économique, le CAPEX est évalué à 224 271 €, tandis que le OPEX sur 15 ans atteignent 24 374 €, pour un coût global de 248 646 €. En considérant le tarif SNAPE (5 000 GNF/m^3), les recettes prévisionnelles s'élèvent à 287 438 €, confirmant la viabilité du projet.

En outre, l'analyse comparative montre qu'une alimentation 100 % GE coûterait 50 199 €, contre 41 411 € pour le système hybride, soit une économie de 8 788 € en faveur de la solution PV/GE.

Enfin, sur le plan social et environnemental, le projet contribue à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, à l'amélioration de la santé publique et à la création d'emplois locaux. De plus, le PGES prévoit des mesures pour limiter les impacts négatifs.

RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Au terme de cette étude, il ressort que les BJR ne suffirons pas à couvrir la demande en eau potable à l'horizon du projet (2040).

En conséquence, nous recommandons de remplacement de la pompe Grounds SP 18-5 de 3 kW, à l'issue de sa durée de vie estimée à 10 ans, par une autre pompe Grundfos SP18-6 de 4 kW, tout en maintenant la même HMT. Cette solution permettra de combler le déficit de production sans remettre en cause le dimensionnement du système hybride PV/GE existant.

En outre, les opérateurs formés à la maintenance préventive et à la manipulation sécurisée des équipements (pompe, variateur de fréquence, groupe électrogène) devront respecter strictement le manuel d'exploitation du système installé. Cette rigueur est indispensable pour éviter les pannes prématurées et prolonger la durée de vie des équipements.

Enfin, une sensibilisation des populations sur l'importance des ouvrages réalisés et sur l'utilisation responsable de l'eau potable constitue un levier essentiel pour assurer la pérennité du système et maximiser les bénéfices socio-économiques du projet.

BIBLIOGRAPHIE

[1] « Clean Water », Our World in Data, sept. 2019,
https://ourworldindata.org/clean-water

[2] « Access to Energy », Our World in Data, sept. 2019,
https://ourworldindata.org/energy-access

[3] « Objectif du Development Durable », ONU, 2023.
https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_French.pdf

[4] « Accès à l'électricité,Banque» Mondiale,2023
https://donnees.banquemondiale.org/indicator/EG.ELC.ACCS.RU.ZS?locations=ZG

[5] « final_pgpp-guinee-clean-du-02-11-2022.pdf ».RGPH3,2022
https://www.afdb.org/sites/default/files/final_pgpp-guinee-clean-du-02-11-2022.pdf?utm

[6] « RGPH3_etat_structure GUINEE », Bureau central de recensement (BCR), 2023

[7] « Hydrodynamics-Hydraulics » Bernoulli.
[8] S. A. Kalogirou, Solar Energy Engineering: Processes and Systems. Elsevier, 2023.

[9] M. S. Moussa, D. Bachirou, et I. Halidou, « Assessing the Performance of Solar Photovoltaic Pumping System for Rural Area Transformation in West Africa: Case of Sekoukou Village, Niger » 2023.
[10] B. Mbow, A. Sadio, B. T. Fankam, et S. Mbodji, « Optimal sizing of a solar water pumping system for Koyli Alpha Village, Senegal », IJPEDS, vol. 13, n° 2, p. 1158, juin 2022

[11] « ps_eau_le_pompage_solaire_des_reperes_pour_l_action ». Perrine Bouteloup, Jérémy Guérin, Ana Sanchez (pS-Eau), Clément Lugagne; 2023.

[12] « Approvisionnement_ en_eau_potable», ZOUNGRANA, 2003
[13] « JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission », 2023.
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/fr/

[14] « Photovoltaïque-norme-UTE-C157-12-1 », UTE, 2025.
[15] « MG11AH22.pdf », Variateur de fréquence
*https://files.danfoss.com/download/Drives/MG11AH22.pdf?utm_*

ANNEXES

Annexe 1: Fiche d'essai de pompage)..... 56
Annexe 2: Fiche technique de la pompe SP18-5..... 59
Annexe 3 : Fiche technique du module PV..... 65
Annexe 4 :Fiche technique du groupe électrogène..... 68
Annexe 5 : Fiche technique du variateur de fréquence..... 72
Annexe 6 Fiche technique du coffret DC de protection..... 76
Annexe 7 : Carte du niveau Kéraunique (source : Mémoire Online)..... 78
Annexe 8: Schémas unifilaires du système d'alimentation électrique..... 79
Annexe 9: Carnet de câbles..... 80
Annexe 10: Tableaux des simulations de la production instantanée..... 82
Annexe 11 :Evolution du débit de pompage en fonction de la HMT et de l'irradiation journalière à 25° C..... 87
Annexe 12 :Evolution du débit de pompage en fonction de la HMT et de l'irradiation horaire journalière à 40° **C**..... 87
Annexe 13 : Rapport de simulation sur PVsyst avec ombrages linéaires..... 88
Annexe 14 : Devis et coût du CAPEX..... 93
Annexe 15 : Tableaux de calcul des OPEX pour le projet..... 94
Annexe 16 :Tableaux de calcul des OPEX pour l'alimentation de la pompe exclusivement avec le GE..... 94
Annexe 17: Détermination du coefficient de perte de charge linéaire sur le diagramme de Moody..... 95
Annexe 18 : Le plan d'équipement du manifold de la sortie forage..... 95
Annexe 19: Tuyaux PVC à joint DE 90 PN10..... 97
Annexe 20: Plan du CE à 10m de hauteur et équipement hydraulique..... 97

Annexe 1: Fiche d'essai de pompage)

CHIALY SERVICES

FICHE DES ESSAIS DE POMPAGE LONGUE DUREE (24 Heures) A TROIS PALIERS

Projet d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement dans les préfectures N'Zérékoré, Lola et Yomou (PAEPA Nz, Lo et Yo)

Volet Réalisation de vingt (20) systèmes d'Adduction d'Eau Potable (AEP) Nzérékoré, Lola et Yomou par le Groupement CHIALY / MTK

FICHE DE DEVELOPPEMENT ET D'ESSAI DE DEBITS DE LONGUE DUREE PAR PALIERS ENCHAINES DU FORAGE

PREFECTURE :	N'Zérékoré	Profondeur	64,00 m
COMMUNE :	Samoé-Centre	Top crépine N° 1	39,64 m
DISTRICT :	Kpaya	Top crépine N° 2	
VILLAGE : Kpaya	SITE :	Top crépine N° 3	
X = ° ' "	Y = ° ' "	Niveau Statique	5,69
DATE DE L'ESSAI DE DEBITS : 15/09/2025 - 16/09/2025		Repère/Margelle	0,46
HEURES debut essai	fin essai	Debit dvpt :	20m³/h
		Durée dvpt :	
1er Palier Q1 = 34 m3/h ; Durée 2 heures		Profondeur pompe	: 22m
2ème Palier Q2 = 6,5 m3/h ; Durée 2 heures		Type et capacité de la pompe	
3ème Palier Q3 = 10 m3/h ; Durée 2 heures		Longue durée : 24 heures	

DEVELOPPEMENT DU FORAGE

DATE	HEURES		DEBITS DEVELOPPEMENT	OBSERVATIONS QUALITE EAU
02/09/2025		5	25 m³/h	
	11H31	10		Eau claire
-"-		20	-"-	
		30		
-"-		22		-"-
		60	-"-	
-"-		80		-"-
		100		Eau très claire
-"-	13H35	120	25 m³/h	-"-

ESSAI DE DEBITS DE LONGUE DUREE PAR PALIERS ENCHAINES

Heures descente	descente			remontée de 02 heures	
	temps	niveau	débits	niveau	
	t ; mn	m	Q ; m3/h	m	
	0	5,69		8,34	
	5	5,74	3,4	7,90	Eau claire
	10	5,76		7,77	
	15	5,77		7,60	-"-
	20	5,78	3,4	7,52	
	30	5,80		7,46	-"-
	40	5,82		7,36	
1 heure	60	5,86		7,21	Eau très claire
	70	5,87	3,4	7,13	
	80	5,89		7,01	
	90	5,91		7,00	
	100	5,93	3,4	6,95	-"-
	110	5,93		6,85	
2 heures	120	5,94	3,4	6,70	
	125	5,98			
	130	6,01	6,5		-"-
	135	6,03			
	140	6,04			
	150	6,06	6,5		
	160	6,09			-"-
	170	6,11			
3 heures	180	6,12	6,5		
	190	6,13			-"-

Scanné avec CamScanner

	200	6,13			— " —
	210	6,13	6,50		
	220	6,14			
	230	6,14	6,50		
4 heures	240	6,15			
	245	6,20	10,00		
	250	6,22			
	260	6,26			— " —
	270	6,28			
	280	6,31	10,00		
	290	6,33			
	300	6,39			
	310	6,41			
	320	6,41	10,00		
	330	6,43			
	340	6,46			— 4 —
	350	6,48	10,00		
6 heures	360	6,50			
	380	6,65	24,00		
	400	7,15			
	420	7,47			
	440	7,49	24,00		
	460	7,51			
8 heures	480	7,58			— " —
	500	7,64	24,00		
	520	7,69			
	540	7,78			
	560	7,79	24,00		
	580	7,85			
10 heures	600	7,86			
	660	7,98	24,00		— " —
12 heures	720	8,07			
	780	8,14			
14 heures	840	8,91	24,00		
	900	8,96			
16 heures	960	8,30			— " —
	1020	8,33	24,00		
18 heures	1080	8,34			
	1140	8,34			
20 heures	1200	8,34			
	1260	8,34	24,00		— " —
22 heures	1320	8,34			
	1380	8,34			
24 heures	1440	8,34	24,00		— " —

Date le 10. / 09 / 2025

Visa de l'Entreprise

Visa du Contrôle

Scanné avec CamScanner

Annexe 2: Fiche technique de la pompe SP18-5

Projet:	Projet d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement dans les préfectures de Nzérékoré, Lola et Yomou (PAEPA-NLY / 2GUI 1007)	**Client:**	MTK-Services
Code Article:		**Numéro Client:**	
		Contact:	

Quantité	Description
1	**SP 18-5**



Note ! La photo produit peut différer du produit réel

Référence: 92951199

Pompe immergée, convient au pompage d'eau propre. La pompe peut être installée à la verticale ou à l'horizontale. Tous les composants sont en acier inoxydable, EN 1.4301 (AISI 304), pour une grande résistance à la corrosion. Cette pompe est homologuée pour la délivrance d'eau potable.

Liquide:

Liquide pompé:	Eau
Plage température liquide:	-15 .. 40 °C

Technique:

Vitesse de la pompe sur laquelle sont basées les données de la pompe:	2900 mn-1
Débit calculé réel:	19.94 m³/h
Débit nominal:	18 m³/h
Point de fonctionnement réel de la pompe:	33 m
Hauteur nominale:	38 m
Certifications:	CE,EAC,UKCA,SEPRO,MOROCCO
Certifications pour moteur:	CE,EAC,C_UL_US_NSF372MOROCCO,UKCA,SEPRO,RCM
Certifications pour l'eau potable:	ACS,DM174
Tolérance courbe:	ISO9906:2012 3B
Version moteur:	T40
Clapet anti-retour:	OUI

Matériaux:

Pompe:	Stainless steel
	EN 1.4301
	AISI 304
Roue:	Acier inox.
	EN 1.4301
	AISI 304
Moteur:	Acier inoxydable
	EN 1.4301
Garniture mécanique:	HM/Céramique

Installation:

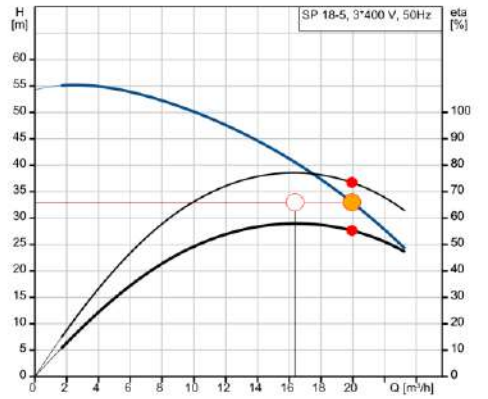
Pression ambiante maximale:	60 bar
Pression maximale de service:	60 bar
Pression de sortie maximale autorisée:	5.6 bar
Type raccordement:	Rp
Taille du raccordement:	2 1/2 pouce
Diamètre motor:	4 pouce
Diamètre de forage minimum:	140 mm

Logiciel Grundfos WinCAPS [2025.50.005]

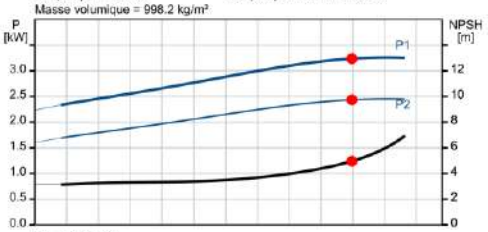
Projet: Projet d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement dans les préfectures de Nzérékoré, Lola et Yomou (PAEPA-NLY / 2GUI 1007)
Code Article:

Client: MTK-Services
Numéro Client:
Contact:

Description	Valeur
Information générale:	
Nom produit:	SP 18-5
Code article:	92951199
Numéro EAN::	5715122055870
Technique:	
Vitesse de la pompe sur laquelle sont basées les données de la pompe:	2900 mn-1
Débit calculé réel:	19.94 m³/h
Débit nominal:	18 m³/h
Point de fonctionnement réel de la pompe:	33 m
Hauteur nominale:	38 m
Etages:	5
Nombre de roues à diamètre réduit:	NONE
Certifications:	CE,EAC,UKCA,SEPRO,MOROCCO
Certifications pour moteur:	CE,EAC,C_UL_US_NSF372MOROCCO,UKCA,SEPRO,RCM
Certifications pour l'eau potable:	ACS,DM174
Tolérance courbe:	ISO9906:2012 3B
Modèle:	B
Version moteur:	T40
Clapet anti-retour:	OUI
Matériaux:	
Pompe:	Stainless steel
	EN 1.4301
	AISI 304
Roue:	Acier inox.
	EN 1.4301
	AISI 304
Moteur:	Acier inoxydable
	EN 1.4301
Garniture mécanique:	HM/Céramique
Installation:	
Pression ambiante maximale:	60 bar
Pression maximale de service:	60 bar
Pression de sortie maximale autorisée:	5.6 bar
Type raccordement:	Rp
Taille du raccordement:	2 1/2 pouce
Diamètre motor:	4 pouce
Diamètre de forage minimum:	140 mm
Liquide:	
Liquide pompé:	Eau
Plage température liquide:	-15 .. 40 °C
Donnée électrique:	
Type moteur:	MS4000
Conception de la bride moteur:	Grundfos
Puissance nominale - P2:	3 kW
Puissance (P2) requise par pompe:	3 kW
Fréquence d'alimentation:	50 Hz
Tension nominale:	3 x 380-400-415 V
Intensité nominale:	7.7-7.9-8.1 A
Tension requise:	400 V
Intensité nominale à cette tension:	7.81 A
Intensité démarrage:	430-450-460 %
Cos phi - facteur de puissance:	0.86-0.81-0.77
Vitesse nominale:	2830-2850-2870 mn-1
Méthode de démarrage:	Direct-on-line (DOL)



Q = 19.94 m³/h
H = 33 m
Es = 0.1623 kWh/m³
Liquide pompé = Eau
Eta pompe = 73.5 %
Eta pompe+moteur = 55.3 %
Masse volumique = 998.2 kg/m³



P1 = 3.236 kW
P2 = 2.435 kW
NPSH = 4.96 m

Logiciel Grundfos WinCAPS [2025.50.005]

Projet: Projet d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement dans les préfectures de Nzérékoré, Lola et Yomou (PAEPA-NLY / 2GUI 1007)
Code Article:
Client: MTK-Services
Numéro Client:
Contact:

92951199 SP 18-5 50 Hz

Entrée

Dimensionnement par	Application
Choix de l'application	Adduction d'eau collective
Choix Application	Captage des eaux souterraines
Sélectionnez le type d'installation	Installation dans forage, réservoir ouvert

Vos besoins

Régulation de vitesse	Oui
Indice de protection	IP20
Mode de régulation	Pression proportionnelle, externe
Diminution à faible débit	10 %
Vitesse fixe admise	Oui
Température maxi de l'eau	15 °C
Sur-débit autorisé	30 %
Plage débit inf. autorisée	5 %
Nbre de points de fonctionnement	1

Editer le Profil de Charge

Profil de charge	Pleine charge
Jours fonctionnement par an	365 d
Heures de fonctionnement par jour(tarif réduit)	10 h

Configuration

Materiau de la pompe	GG 0.6025 ou 1.4301 (AISI 304)
Sélection moteur	Moteur standard Grundfos

Conditions de fonctionnement

Fréquence	50 Hz
Phase	1 ou 3
Tension	1x230 ou 3x400 V
Type démarrage triphasé	Démarrage direct
Prix de l'énergie (Tarif de pointe)	0.32 EUR/kWh
Prix de l'énergie (Tarif moyen)	0.21 EUR/kWh
Prix de l'énergie (Tarif réduit)	0.11 EUR/kWh
Augmentation du prix de l'énergie	6 %
Intensité des émissions de CO2	0.57 kg/kWh
Période de calcul	10 années

Coût de cycle de vie

Voulez-vous faire une comparaison ?	Aucune comparaison
Selon quel niveau de détail souhaitez-vous votre analyse de Coût Global?	Analyse LCC simple
	Pump A

Réglages liste résultats

Inclure la solution la moins chère	Oui
Liste de sélec.: Sélection max par groupe produits	5
Liste sélection : nombre maxi de résultats	20

Chargement Profil

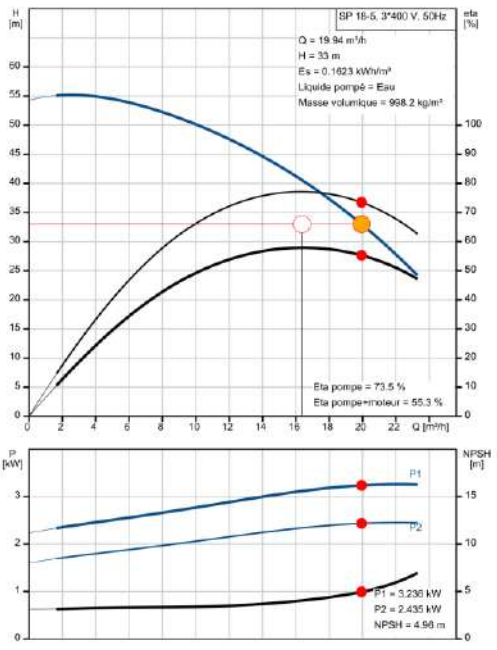
	1
Débit (%)	122
Débit (m³/h)	19.94
Pression (%)	100
Pression (m)	33
P1 (kW)	3.236
Eta total (%)	55.3
Temps (h/a)	2995
Conso. énergétique (kWh/Année)	9692
Quantité	1

Résultat de dimensionnement

Type SP 18-5
Quantité Moteur 1 * 3 kW ,

Débit	19.94	m³/h (+22%)
H totale	33	m
Puissance P1	3.236	kW
Puissance P2 requise au point de fonctionnement	2.435	kW
Courant (nominal)	7.9	A
Courant (réel)	6.2	A
Cos phi (réel)	0.75	
Eta pompe	73.5	%
Eta moteur	75.2	%
Eta total	55.3	% =Eta pompe * Eta moteur
Débit total	59714	m³/an
Conso. spécifique énergétique	0.1623	kWh/m³
	4.92	Wh/m³/m
Conso. énergétique	9692	kWh/an
Emission CO2:	5520 kg/Année	
Prix	On request	
Coût global (LCC)	18614	EUR /10Années

Pertes dans le câble non incluses !
Attention, le débit est plus de 20 % supérieur au point de consigne requis, ce qui peut avoir une influence négative sur le fonctionnement de la pompe.



Logiciel Grundfos WinCAPS [2025.50.005]

Projet: Projet d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement dans les préfectures de Nzérékoré, Lola et Yomou (PAEPA-NLY / 2GUI 1007)
Code Article:
Client: MTK-Services
Numéro Client:
Contact:

Rapport coût global (LCC)

Besoins :	***Entrées générales :***	
Débit: 19.94 m³/h	Prix énergie (Plein tarif): 0.32 EUR/kWh	n-Durée de vie (année): 10
Capacité par an: 59714 m³/an	Prix énergie (tarif moyen): 0.21 EUR/kWh	i-Taux d'intérêt: 0 %
Pression: 33 m	Prix énergie (tarif réduit): 0.11 EUR/kWh	p-Taux d'inflation: 6 %
Longueur câble: ----		

Entrées :

	A:	
Système :	SP 18-5	
	par an	total
Coût d'investissement initial [EUR]		**4144**
Système de pompage [EUR]		4144
Autres investissements [EUR]		
Coût d'installation et mise en service [EUR]		
Réduction des investissements dans le réseau [EUR]		
Coût énergétique [EUR]	**1066**	**14470**
Conso. énergie (plein tarif) [kWh/Année]		
Conso. énergie (tarif moyen) [kWh/Année]		
Conso. énergie (tarif réduit) [kWh/Année]		9692
Energie spécifique [kWh/m³]		0.1623
Evol. eta / an [%/Année]		
Coût de fonctionnement [EUR/Année]		
&LCCMainCost [EUR/Année]		
Coût de l'entretien périodique [EUR/Année]		
Coût de réparation [EUR/Année]		
Autres coûts annuels [EUR/Année]		
Coût d'arrêt et perte de production [EUR/Année]		
Coût environnemental [EUR]		
Coût de la désinstallation et d'enlèvement [EUR]		

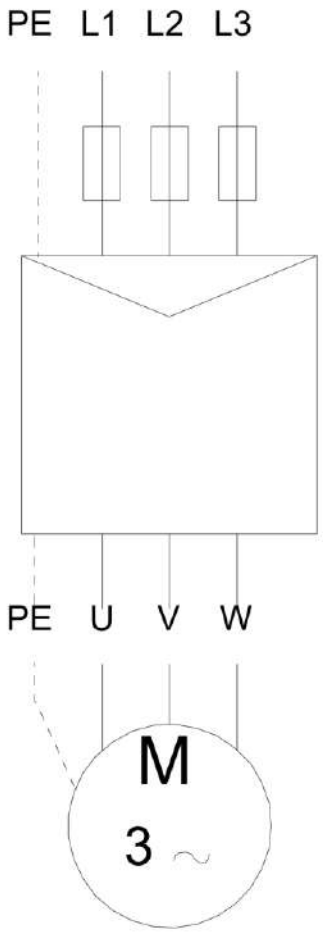
Résultats:

Coût global [EUR]		**18614**
dont le coût énergétique est [EUR]		14470
et le coût de maintenance est [EUR]		
dont le coût énergétique est % est [%]		77.7
et le coût de maintenance % est [%]		0.0

Logiciel Grundfos WinCAPS [2025.50.005]

Projet: Projet d'Approvisionnement en Eau Potable et Assainissement dans les préfectures de Nzérékoré, Lola et Yomou (PAEPA-NLY / 2GUI 1007)
Client: MTK-Services
Code Article:
Numéro Client:
Contact:

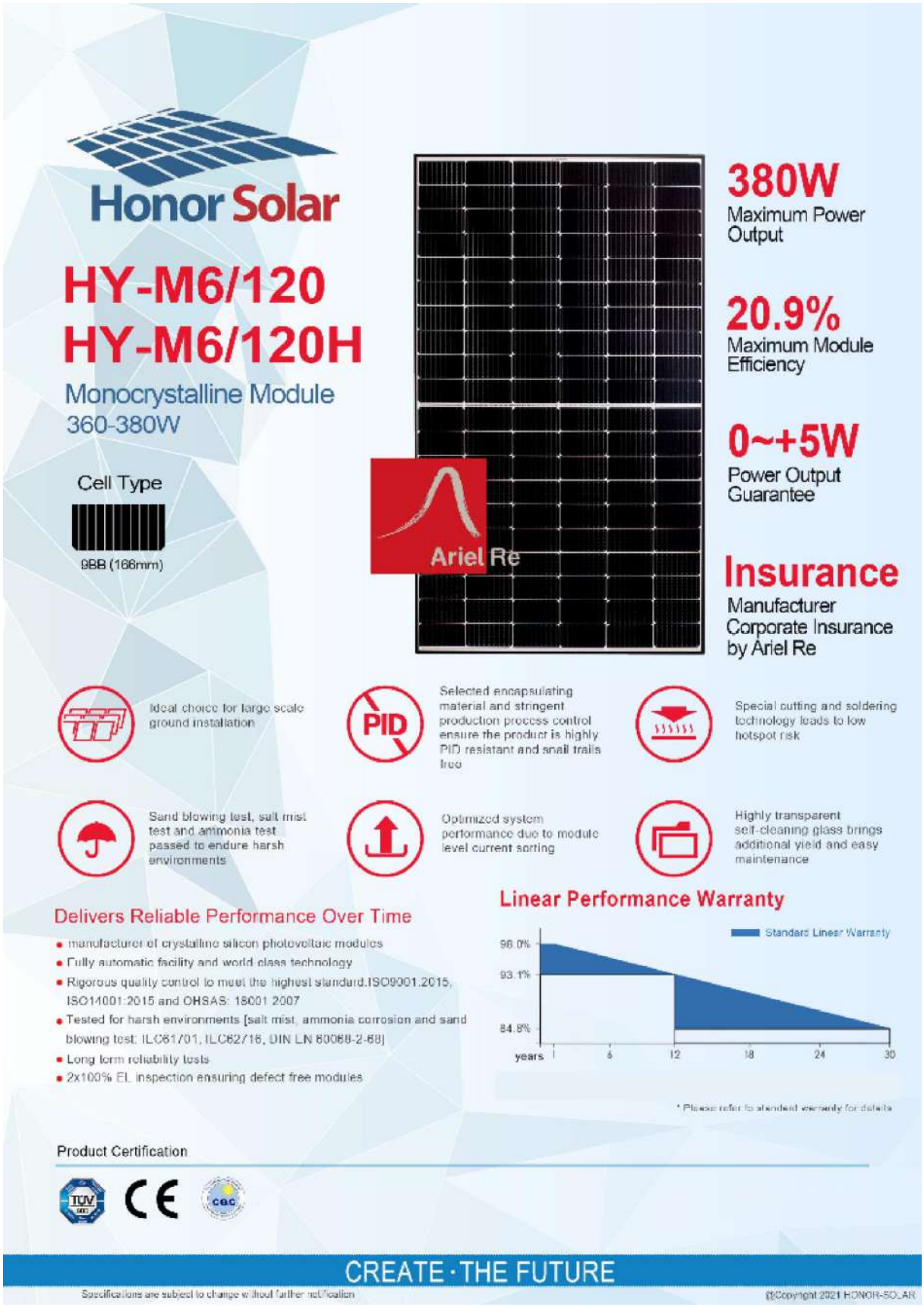
92951199 SP 18-5 50 Hz



Note ! Toutes les unités sont en [mm] sauf précision contraire.

Logiciel Grundfos WinCAPS [2025.50.005]

Annexe 3 : Fiche technique du module PV


Honor Solar
HY-M6/120
HY-M6/120H
Monocrystalline Module
360-380W
Cell Type
9BB (166mm)
Ariel Re
380W
Maximum Power Output
20.9%
Maximum Module Efficiency
0~+5W
Power Output Guarantee
Insurance
Manufacturer Corporate Insurance by Ariel Re
Ideal choice for large scale ground installation
PID
Selected encapsulating material and stringent production process control ensure the product is highly PID resistant and snail trails free
Special cutting and soldering technology leads to low hotspot risk
Sand blowing test, salt mist test and ammonia test passed to endure harsh environments
Optimized system performance due to module level current sorting
Highly transparent self-cleaning glass brings additional yield and easy maintenance
Delivers Reliable Performance Over Time
manufacturer of crystalline silicon photovoltaic modules
Fully automatic facility and world class technology
Rigorous quality control to meet the highest standard.ISO9001:2015, ISO14001:2015 and OHSAS: 18001:2007
Tested for harsh environments (salt mist, ammonia corrosion and sand blowing test: IEC61701, IEC62716, DIN EN 60068-2-68)
Long term reliability tests
2x100% EL inspection ensuring defect free modules
Linear Performance Warranty
Standard Linear Warranty
96.0%
93.1%
84.8%
years
1
6
12
18
24
30
Product Certification
CREATE · THE FUTURE
Specifications are subject to change without further notification
©Copyright 2021 HONOR-SOLAR

HY-M6/120
HY-M6/120H

Monocrystalline Module
360-380W

Electrical Specification (STC*)

Maximum Power	Pmax(W)	360	365	370	375	380
Maximum Power Voltage	Vmp(V)	33.74	34.09	34.46	34.83	35.20
Maximum Power Current	Imp(A)	10.67	10.71	10.74	10.78	10.82
Open Circuit Voltage	Voc(V)	40.39	40.67	40.95	41.23	41.51
Short Circuit Current	Isc(A)	11.13	11.16	11.18	11.20	11.22
Module Efficiency	(%)	19.7	20.0	20.3	20.6	20.9
Power Output Tolerance	(W)			0~+5		

* Irradiance 1000W/㎡, Module Temperature 25℃, Air Mass 1.5

Electrical Specification (NOCT*)

Maximum Power	Pmax(W)	266.75	270.92	274.23	277.53	279.84
Maximum Power Voltage	Vmp(V)	31.12	31.35	31.48	31.61	31.74
Maximum Power Current	Imp(A)	8.57	8.64	8.71	8.78	8.85
Open Circuit Voltage	Voc(V)	38.20	38.40	38.60	38.80	38.90
Short Circuit Current	Isc(A)	9.03	9.09	9.15	9.21	9.27

* Irradiance 800W/㎡, Ambient Temperature 20℃, Wind Speed 1m/s

Mechanical Data

Number of Cells	120 Cells (6x20)
Dimensions of Module L*W*H(mm)	1755x1038x35mm (69.09x40.86x1.38 inches)
Weight(kg)	20.6 kg
Front side Glass	High transparency solar glass 3.2mm(0.13 inches)
Backsheet	White
Frame	Black, anodized aluminium alloy
J-Box	IP68 Rated
Cable	4.0mm² (0.006 inches²), 300mm(11.8 inches)
Number of diodes	3
Wind/Snow Load	2400Pa/5400Pa*
Connector	MC Compatible

* For more details please check the installation manual

Temperature Ratings

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	44±2℃
Temperature Coefficient of Isc	+0.06%/℃
Temperature Coefficient of Voc	-0.30%/℃
Temperature Coefficient of Pmax	0.39%/℃

Maximum Ratings

Operational Temperature	-40~+85℃
Maximum System Voltage	1500V DC-(H)
Max Series Fuse Rating	15A

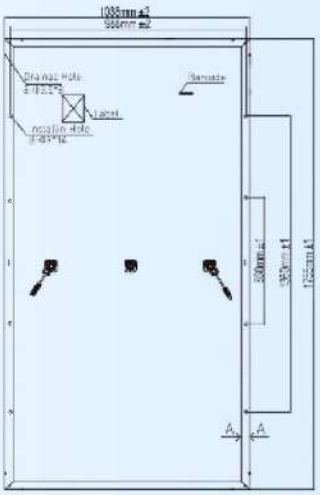
Packaging Configuration

Module per box	31 pieces
Module per 40' HQ container	871pieces

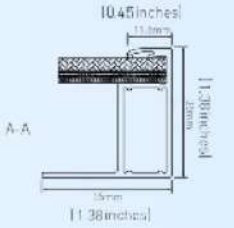
Optional

Connector	MC Original

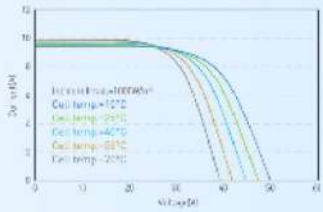
Module Dimension



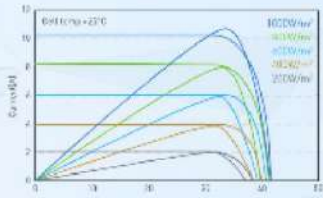
Back View



I-V Curve at Different Temperature (365W)



I-V/P-V Curve at Different Irradiation (365W)



CREATE · THE FUTURE

Specifications are subject to change without further notification

@Copyright 2021 HONOR-SOLAR

Annexe 4 :Fiche technique du groupe électrogène

rehlko

Groupe électrogène industriel - K9



Puissances nominales

400/230 V - 50 Hz

Secours	kW	7,1
	kVA	8,9
Prime	kW	6,5
	kVA	8,1

HVO

Avantages et caractéristiques

Rehlko, haute qualité
- Des bureaux d'études au fait des dernières évolutions techniques
- Des usines modernes et certifiées
- Un laboratoire de pointe
- Le groupe électrogène, ses composants et une vaste gamme d'options ont été entièrement développés, testés sur prototype, fabriqués en usine et testés en production
- Approuvé pour une utilisation avec du HVO (Huile Végétale Hydrotraitée) conforme à la norme EN15940

Rehlko, performances de pointe
- Niveaux sonores optimisés et certifiés
- Puissance tenue, même en condition extrême
- Consommation de carburant optimisée
- Encombrement réduit
- Meilleure qualité d'électricité, capacité de démarrage et de chargement élevée, conformément à la norme ISO8528-5
- Châssis de base robustes et capots de haute qualité
- Protection des installations et des personnes
- Approuvé par les normes les plus exigeantes

Moteurs
- Des moteurs haut de gamme, internes ou issus de partenaires majeurs
- Densité de puissance élevée, encombrement réduit
- Capacité de démarrage à basse température
- Interventions d'entretien espacées

Alternateur
- Fournit une capacité de démarrage du moteur de pointe
- Fabriqué en Europe
- Fabriqué avec une isolation de classe H et IP23

Refroidissement
- Une solution compacte et complète utilisant un ventilateur de radiateur à entraînement mécanique
- Conçu ou optimisé par Rehlko
- Capacité de produit disponible à haute température et haute altitude

Capot et châssis
- Acier de haute qualité avec résistance accrue à la corrosion
- Peinture époxy extrêmement durable certifiée QUALICOAT
- Minimum 1 000 heures de résistance aux embruns salés conformément à ISO12944
- Accès ergonomiques pour une maintenance et un raccordement faciles du groupe
- Conception robuste optimisée pour le transport

Caractéristiques générales

Fabricant	Rehlko
Réf. moteur	KDW1003
Choix d'alternateurs	KH00260T
Classe de performance	G2
Tensions (V)	220 TRI 400/230 380/220 240 TRI 230 TRI 220/127 415/240
Coffrets	APM303 Bornier
Consommation @ 100% charge ESP (L/h)*	3
Consommation @ 100% charge PRP (L/h)*	3
Optimisation combustion moteur	Fuel optimisation
Type de Refroidissement	Radiateur
Encombrements installés en usine	M125

* La consommation volumétrique de carburant est jusqu'à 4 % plus élevée avec le HVO qu'avec le diesel.

Puissances nominales des groupes électrogènes

		Puissance nominale de secours			Puissance nominale de base	
	Hz	kWe	kVA	Ampères	kWe	kVA
220 TRI	50	7,1	8,9	23	6,5	8,1
400/230	50	7,1	8,9	13	6,5	8,1
380/220	50	7,1	8,9	14	6,5	8,1
240 TRI	50	7,1	8,9	21	6,5	8,1
230 TRI	50	7,1	8,9	22	6,5	8,1
220/127	50	7,1	8,9	23	6,5	8,1
415/240	50	7,1	8,9	12	6,5	8,1

V02A_K9_2026-01-11 1 / 6

rehlko

Groupe électrogène industriel - K9

Caractéristiques Moteur	
Marque moteur	Rehlko
Réf. moteur	KDW1003*
Type aspiration	Atmo
Disposition des cylindres	3 - L
Cylindrée (l)	1,03
Alésage (mm) x Course (mm)	75 x 77,6
Taux de compression	22,8 : 1
Vitesse 50Hz (RPM)	1500
Puissance ESP (kW)	8,5
Type de régulation	Mécanique
Statisme	Isochronous
Classe de régulation (%)	+/- 2.5%

Circuit de lubrification	
Filtre huile, type et nombre****	
Refroidissement air admission	

*****Rehlko recommande l'utilisation d'huile et de filtres d'origine.*

Circuit d'alimentation en carburant	
Débit max. pompe fuel (l/h)	50
Carburant	Gasoil/HVO

*La référence du moteur peut être partiellement modifiée en fonction de l'application du groupe électrogène, des options sélectionnées par le client et du délai de livraison requis.

Consommation avec refroidissement	
Conso. Puissance Max ESP (l/h)	2,7
Conso. Puissance Max PRP (l/h)	2,5
Conso. 75% de puissance PRP (l/h)	1,9
Conso. 50% de puissance PRP (l/h)	1,3

rehlko

Groupe électrogène industriel - K9

Dimensions et poids

Version compacte	
Dimensions maximales hors tout L x l x h (mm)	1220 x 700 x 920
Poids net (kg)	290
Capacité de réservoir (L)	50



M125 - Encombrement version insonorisée	
Dimensions maximales hors tout L x l x h (mm)	1482 x 760 x 1030
Capacité de réservoir (L)	50
Poids net (kg)	390
Niveau de puissance acoustique garanti (Lwa) 50Hz (75% PRP)	85
Niveau de pression acoustique @1m dB(A) 50Hz (75% PRP)	67
Niveau de pression acoustique @7m dB(A) 50Hz (75% PRP)	54



** dimensions et poids hors options*

Conditions de référence : température de l'air à l'admission 25 °C ; température du carburant à l'admission 40°C ; pression barométrique 100 kPa ; humidité 10,7 g/kg d'air sec. Restriction d'admission définie à la limite maximale admissible pour un filtre propre ; Contrepression à l'échappement définie à la limite maximale admissible ; Densité du carburant à 0.85 kg/L.
Les données proviennent d'un essai réalisé sur un seul moteur conformément aux méthodes d'essai dont les spécifications relatives au carburant et les conditions de référence sont mentionnées ci-dessus, et dépendent de l'instrumentation et des variations possibles d'un moteur à l'autre. Tout essai réalisé selon des méthodes d'essai, une instrumentation ainsi que des spécifications relatives au carburant et des conditions de référence différentes peut donner des résultats distincts. Les données et spécifications peuvent faire l'objet de modifications sans préavis.

Annexe 5 : Fiche technique du variateur de fréquence


ENGINEERING
TOMORROW
Danfoss
Selection Guide | VACON® 100 X and VACON® 20 X | 0.75 – 37 kW
Save costs and space with
decentral AC drives
IP66/
Type 4X
outdoor protection
rating in a
compact design
drives.danfoss.com | VACON

Ratings and dimensions

VACON® 100 X

Supply voltage	AC drive type	Power		Motor current		Enclosure size	Dimensions W x H x D**		Weight	
		kW	HP	I_N [A]	1.5 x I_N [A]		mm	inches	kg	lb
208-240 VAC, 3-phase	VACON0100-3L-0006-2-X	1.1	1.5	6.6	9.9	MM4	190.7 x 315.3 x 196.4	7.51 x 12.41 x 7.73	8.8	19.4
	VACON0100-3L-0008-2-X	1.5	2.0	8.0	12.0					
	VACON0100-3L-0011-2-X	2.2	3.0	11.0	16.5					
	VACON0100-3L-0012-2-X	3.0	4.0	12.5	18.8					
	VACON0100-3L-0018-2-X	4.0	5.0	18.0	27.0	MM5	232.6 x 367.4 x 213.5	9.16 x 14.46 x 8.41	14.9	32.9
	VACON0100-3L-0024-2-X	5.5	7.5	24.2	36.3					
	VACON0100-3L-0031-2-X	7.5	10.0	31.0	46.5					
	VACON0100-3L-0048-2-X	11.0	15.0	48.0	72.0	MM6	350 x 500 x 235	13.78 x 19.69 x 9.25	31.5	69.5
	VACON0100-3L-0062-2-X	15.0	20.0	62.0	93.0					
380-480 VAC, 3-phase	VACON0100-3L-0003-4-X	1.1	1.5	3.4	5.1	MM4	190.7 x 315.3 x 196.4	7.51 x 12.41 x 7.73	8.8	19.4
	VACON0100-3L-0004-4-X	1.5	2.0	4.8	7.2					
	VACON0100-3L-0005-4-X	2.2	3.0	5.6	8.4					
	VACON0100-3L-0008-4-X	3.0	5.0	8.0	12.0					
	VACON0100-3L-0009-4-X	4.0	5.0	9.6	14.4					
	VACON0100-3L-0012-4-X	5.5	7.5	12.0	18.0					
	VACON0100-3L-0016-4-X	7.5	10.0	16.0	24.0	MM5	232.6 x 367.4 x 213.5	9.16 x 14.46 x 8.41	14.9	32.9
	VACON0100-3L-0023-4-X	11.0	15.0	23.0	34.5					
	VACON0100-3L-0031-4-X	15.0	20.0	31.0	46.5					
	VACON0100-3L-0038-4-X	18.5	25.0	38.0	57.0	MM6	350 x 500 x 235	13.78 x 19.69 x 9.25	31.5	69.5
	VACON0100-3L-0046-4-X	22.0	30.0	46.0	69.0					
	VACON0100-3L-0061-4-X	30.0	40.0	61.0	91.5					
	VACON0100-3L-0072-4-X	37.0*	50.0*	72.0*	80.0*					
380-500 VAC, 3-phase	VACON0100-3L-0003-5-X	1.1	1.5	3.4	5.1	MM4	190.7 x 315.3 x 196.4	7.51 x 12.41 x 7.73	8.8	19.4
	VACON0100-3L-0004-5-X	1.5	2.0	4.8	7.2					
	VACON0100-3L-0005-5-X	2.2	3.0	5.6	8.4					
	VACON0100-3L-0008-5-X	3.0	5.0	8.0	12.0					
	VACON0100-3L-0009-5-X	4.0	5.0	9.6	14.4					
	VACON0100-3L-0012-5-X	5.5	7.5	12.0	18.0					
	VACON0100-3L-0016-5-X	7.5	10.0	16.0	24.0	MM5	232.6 x 367.4 x 213.5	9.16 x 14.46 x 8.41	14.9	32.9
	VACON0100-3L-0023-5-X	11.0	15.0	23.0	34.5					
	VACON0100-3L-0031-5-X	15.0	20.0	31.0	46.5					
	VACON0100-3L-0038-5-X	18.5	25.0	38.0	57.0	MM6	350 x 500 x 235	13.78 x 19.69 x 9.25	31.5	69.5
	VACON0100-3L-0046-5-X	22.0	30.0	46.0	69.0					
	VACON0100-3L-0061-5-X	30.0	40.0	61.0	91.5					
	VACON0100-3L-0072-5-X	37.0*	50.0*	72.0*	80.0*					

* Low overload (110%) ** dimensions without keypad and mains switch

Technical highlights

- IP66/Type 4X outdoor protection rating
- 3g resistance to vibrations (according to 3M7/IEC 60721-3-3)
- Supports both induction and permanent magnet motors
- Option of ability to operate in temperatures ranging from -40 °C to 60 °C
- Integrated with RS485 Modbus and EtherNET communication
- Safe Torque Off (STO) mode according to SIL3
- Built-in EMC filter for EN61800-3 category C2 (C1 as option)
- DC choke and film capacitor meet EN61000-3-12 requirements
- Integrated brake chopper in all frame sizes
- PTC input as standard

Benefits

- Able to withstand rough conditions such as heat, dirt and vibrations
- Easy to keep clean
- Approval for public networks makes it flexible for installation
- VACON® Programming enables top class integration for countless OEM applications
- High efficiency and simulated air flow ensure long lifetime
- Mountable in any position; fits into any available space

10.5 PHOTOVOLTAIC SYSTEM DIMENSIONING

The photovoltaic system has to be dimensioned in order to not exceed the values specified in the tables below.

Table 56. VACON® 100 X (208...240V 3AC 50/60Hz, up to 400V in VDC) DC-link input ratings

Enclosure size	AC drive type	DC supply [V]	Max. Recommended PV Array Power [kW]
MM4	0007	234 ... 400V_{DC} No tolerance permissible, 0%	2.2
	0008		3.0
	0011		4.4
	0012		6.0
MM5	0018		8.0
	0024		11.0
	0031		15.0
MM6	0048		22.0
	0062		30.0

Table 57. VACON® 100 X (380...480/500V 3AC 50/60Hz, up to 800V in VDC) DC-link input ratings

Enclosure size	AC drive type	DC supply [V]	Max. Recommended PV Array Power [kW]
MM4	0003	436 ... 800V_{DC} No tolerance permissible, 0%	2.2
	0004		3.0
	0005		4.4
	0008		6.0
	0009		8.0
	0012		11.0
MM5	0016		15.0
	0023		22.0
	0031		30.0
MM6	0038		37.0
	0046		44.0
	0061		60.0
	0072		74.0

Local contacts: http://drives.danfoss.com/danfoss-drives/local-contacts/

Annexe 6 Fiche technique du coffret DC de protection



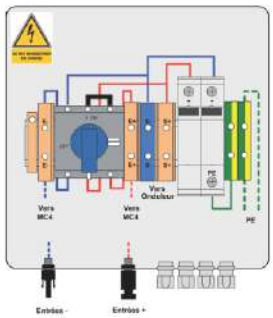
DC-1ST/MC4

Coffret de protection DC 1 string / 1 MPPT

Coffret de protection précablé intégrant un interrupteur sectionneur, un parafoudre DC pour installation photovoltaïque, partie courant continu, conforme au guide UTE C 15-712-1.

- **Coffret étanche IP65**
- **Parafoudre 600Vdc ou 1000Vdc**
- **Interrupteur sectionneur DC**
- **1 string raccordable**
- **Disponible avec bobine de déclenchement à distance (MX,MN)**
- **(Autre version sur demande)**

Schémas



Caractéristiques

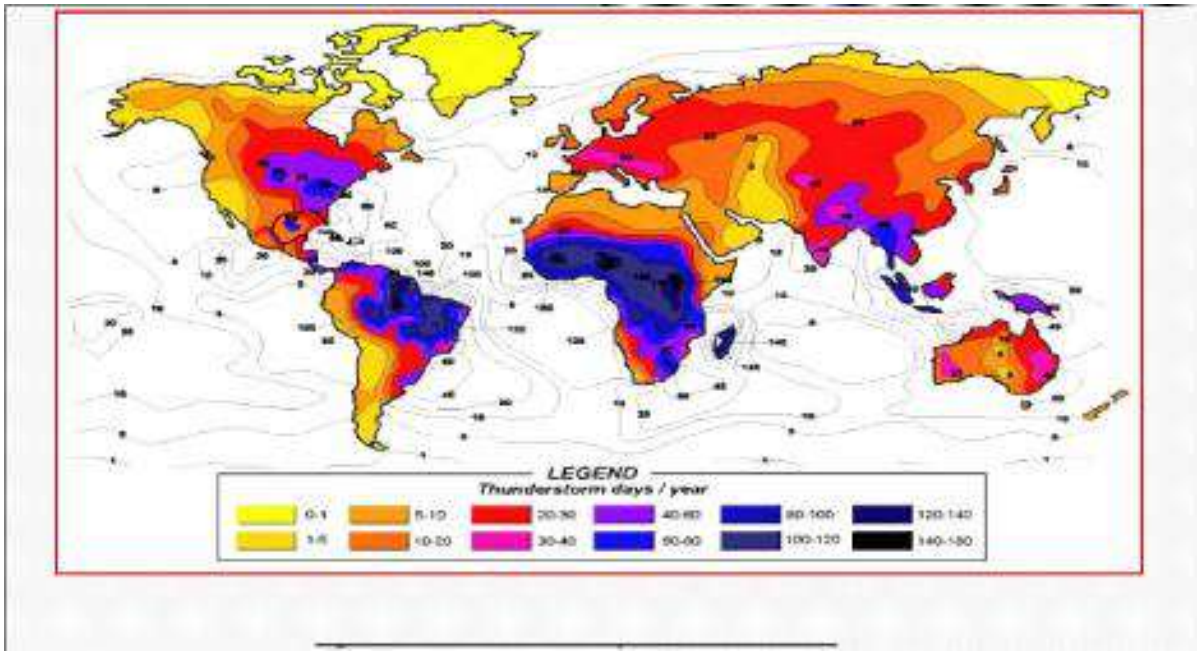
Références	DC-1ST/600V/MC4	DC-1ST/MC4
Nombre de strings raccordables	1	1
Tension nominale	600Vdc	1000Vdc
Courant nominal	40 A	25 A
Interrupteur sectionneur	oui	oui
Protection surintensité par fusible	non / (Option sur demande)	non / (Option sur demande)
Déconnecteur thermique	Intégré au parafoudre (Avec visualisation)	Intégré au parafoudre (Avec visualisation)
Parafoudre	**ET2-40DTC/600-2**	**ET2-25DTC/1000-2**
Norme	NF EN 61643-11 / IEC 61643-1 / UTE C 61-740-51	NF EN 61643-11 / IEC 61643-1 / UTE C 61-740-51
Classe d'essai	II	II
Tension max. de service permanent Ucpv	600 VDC	1000 VDC
Courant nominal de décharge In (8/20 µs)	20 kA	12.5 kA
Courant maximal de décharge Imax (8/20 µs)	40 kA	25 kA
Niveau de protection Up sous In	< 2,2 kV	< 2,8 kV
Courant IscWPV	150 A	150 A
Courant de fonctionnement permanent IcPV	< 0,1 mA	< 0,1 mA
Temps de réponse	< 25 ns	< 25 ns
Signalisation fin de vie	oui	oui
Coffret		
Degré de protection	IP 65	IP 65
Matériau / classe	Isolant auto-extinguible, essai au fil incandescent 650°C / classe II	Isolant auto-extinguible, essai au fil incandescent 650°C / classe II
Dimensions externes LxHxP en mm	200x200x122	200x200x122
Raccordement		
Raccordement strings	Multicontact MC4	Multicontact MC4
Raccordement onduleur (Bornier)	max. 16 mm²	max. 16 mm²
Raccordement terres (Bornier)	max. 16 mm²	max. 16 mm²

Références

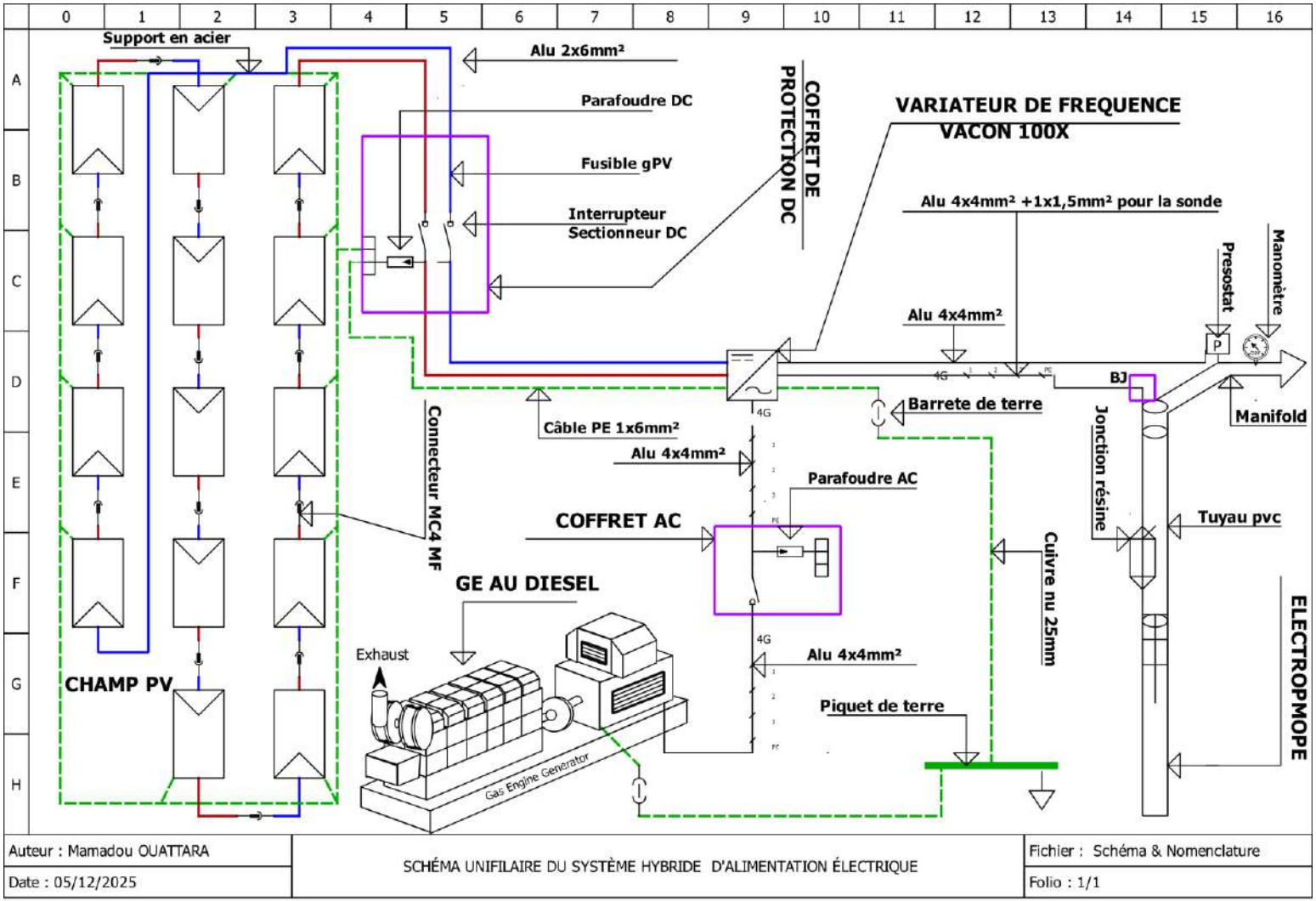
Code	Désignation	Description
113423	DC-1ST/600V/MC4	Coffret de protection DC 1ST 600Vdc
113422	DC-1ST/MC4	Coffret de protection DC 1ST 1000Vdc

Eutélec
19

Annexe 7 : Carte du niveau Kéraunique (source : Mémoire Online)

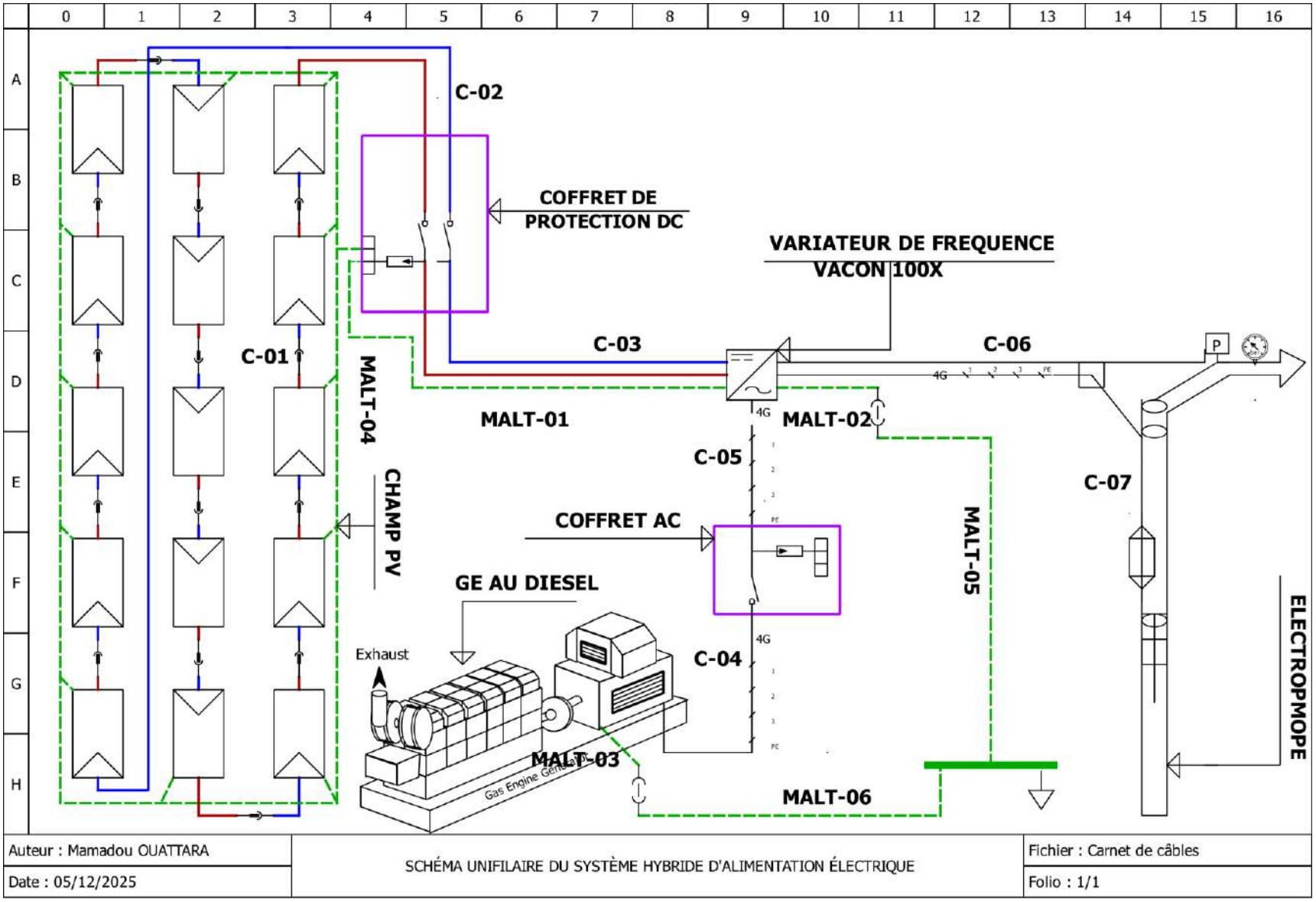


Annexe 8: Schémas unifilaires du système d'alimentation électrique



Annexe 9: Carnet de câbles

N°	Origine	Destination	Type de câble	Conducteur	Section	Longueur	Couleur	Remarques
C-01	Module PV	Module PV	Câble solaire PV1-F	Cuivre	1 × 4 mm²	10 m	Bleu / Rouge	Résistant UV, DC
C-02	Champ PV	Coffret DC	Câble solaire PV1-F	Cuivre	2 × 6 mm²	25 m	Bleu / Rouge	Résistant UV, DC
C-03	Coffret DC	Variateur de fréquence	Câble solaire PV1-F	Cuivre	2 × 6 mm²	10 m	Bleu / Rouge	DC 600/1000 V
C-04	Groupe électrogène	Coffret AC	H07RN-F	Cuivre	4G4 mm²	3 m	Noir/Gris/Marron/ Vert_Jaune	Souple, étanche
C-05	Coffret AC	Variateur de fréquence	H07RN-F	Cuivre	4G4 mm²	1 m	Noir/Gris/Marron/ Vert_Jaune	Souple, étanche
C-06	Variateur de fréquence	Boite de jonction AC	H07RN-F	Cuivre	4G4 mm²	15 m	Noir/Gris/Marron/ Vert_Jaune	Souple, étanche
C-07	Boite de jonction AC	Pompe immergée	H07RN-F	Cuivre	4G4 mm²	60 m	Noir/Gris/Marron/ Vert_Jaune	Souple, étanche
MALT_01	Coffret DC	Variateur de fréquence	H07V-K	Cuivre	1 × 10 mm²	10 m	Vert/Jaune	Conducteur PE
MALT_02	Variateur de fréquence	Barrette de terre 1	H07V-K	Cuivre	1 × 10 mm²	3m	Vert/Jaune	Conducteur PE
MALT_03	Groupe électrogène	Barrette de terre 2	H07V-K	Cuivre	1 × 10 mm²	3m	Vert/Jaune	Conducteur PE
MALT_04	Support des modules PV	Coffret DC	H07V-K	Cuivre	1 × 16 mm²	3m	Vert/Jaune	Conducteur PE
MALT_05	Barrette de terre 1	Piquet de terre	MALT_NU	Cuivre	25 mm²	5m	Nu	Conducteur PE
MALT_06	Barrette de terre 2	Piquet de terre	MALT_NU	Cuivre	25 mm²	5m	Nu	Conducteur PE


C-02
COFFRET DE PROTECTION DC
VARIATEUR DE FREQUENCE VACON 100X
C-03
C-06
C-01
MALT-04
MALT-01
MALT-02
C-05
C-07
CHAMP PV
COFFRET AC
MALT-05
GE AU DIESEL
Exhaust
C-04
MALT-03
MALT-06
ELECTROPMOPE
Auteur : Mamadou OUATTARA
Date : 05/12/2025
SCHÉMA UNIFILAIRE DU SYSTÈME HYBRIDE D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE
Fichier : Carnet de câbles
Folio : 1/1

Annexe 10: Tableaux des simulations de la production instantanée

❖ *Tableau de l'irradiation horaire d'une journée type*

PLAGE HORAIRE	IRRADIATION HORAIRE
6-7	**55**
7-8	**200**
8-9	**360**
9-10	**520**
10-11	**640**
11-12	**710**
12-13	**710**
13-14	**640**
14-15	**520**
15-16	**360**
16-17	**200**
17-18	**55**

❖ *Tableau de l'évolution du débit de pompage en fonction de la HMT et de l'irradiation journalière à 25° C*

TABLEAU DE LA PRODUCTION INSTANTANEE A 25°C		
Température ambiante	**25**	**°C**
Température condition STC	**25**	**°C**
Puissance installée	**5700**	**Wc**
HMT	**33**	**m**
Rendement global	**36%**	**%**
Irradiation	**4,97065**	**kWh/m2/J**

H (heure)	Ir (Irrad horaire)	Q à HMT=23 mCE	Q à HMT=28 mCE	Q à HMT= 33 mCE	Q à HMT=38 mCE	Q à HMT=43 mCE
6-7	55	1,82	1,49	**1,27**	1,10	0,97
7-8	200	6,61	5,43	**4,61**	4,00	3,54
8-9	360	11,90	9,78	**8,30**	7,21	6,37
9-10	520	17,20	14,12	**11,98**	10,41	9,20
10-11	640	21,16	17,38	**14,75**	12,81	11,32
11-12	710	23,48	19,29	**16,36**	14,21	12,56
12-13	710	23,48	19,29	**16,36**	14,21	12,56
13-14	640	21,16	17,38	**14,75**	12,81	11,32
14-15	520	17,20	14,12	**11,98**	10,41	9,20
15-16	360	11,90	9,78	**8,30**	7,21	6,37
16-17	200	6,61	5,43	**4,61**	4,00	3,54
17-18	55	1,82	1,49	**1,27**	1,10	0,97
Débit total	**4970**	**164,35**	**135,00**	**114,55**	**99,47**	**87,91**

❖ *Tableau de l'évolution du débit de pompage en fonction de la HMT et de l'irradiation journalière à 40° C*

TABLEAU DE LA PRODUCTION INSTANTANEE A 40°C

$P_T = P_o \times (1 - (Ta-Tstc) \times a)$

Tref = Temperature de reference

a = Coefficient de puissance sur la temperature	**0,30%**	**wc/°C**
P_o = Puissance nominal du panneau	**5700**	**Wc**
Ta Température ambiante	**40**	**°C**
Tstc Température dans les condition STC	**25**	**°C**
PT Puissance nominale corrigée	**5443,5**	**Wc**
Rendement global	**36%**	**%**
HMT	**33**	**m**
Irradiation	**4,97065**	**kWh/m2/J**

H (heure)	Ir (Irrad horaire)	Q à HMT=23 mCE	Q à HMT=28 mCE	Q à HMT= 33 mCE	Q à HMT=38 mCE	Q à HMT=43 mCE
6-7	55	1,51	1,24	**1,21**	1,05	0,81
7-8	200	5,49	4,51	**4,40**	3,82	2,94
8-9	360	9,89	8,12	**7,92**	6,88	5,29
9-10	520	14,28	11,73	**11,45**	9,94	7,64
10-11	640	17,57	14,44	**14,09**	12,23	9,40
11-12	710	19,50	16,02	**15,63**	13,57	10,43
12-13	710	19,50	16,02	**15,63**	13,57	10,43
13-14	640	17,57	14,44	**14,09**	12,23	9,40
14-15	520	14,28	11,73	**11,45**	9,94	7,64
15-16	360	9,89	8,12	**7,92**	6,88	5,29
16-17	200	5,49	4,51	**4,40**	3,82	2,94
17-18	55	1,51	1,24	**1,21**	1,05	0,81
Débit total	**4970**	**136,48**	**112,11**	**109,39**	**95,00**	**73,00**

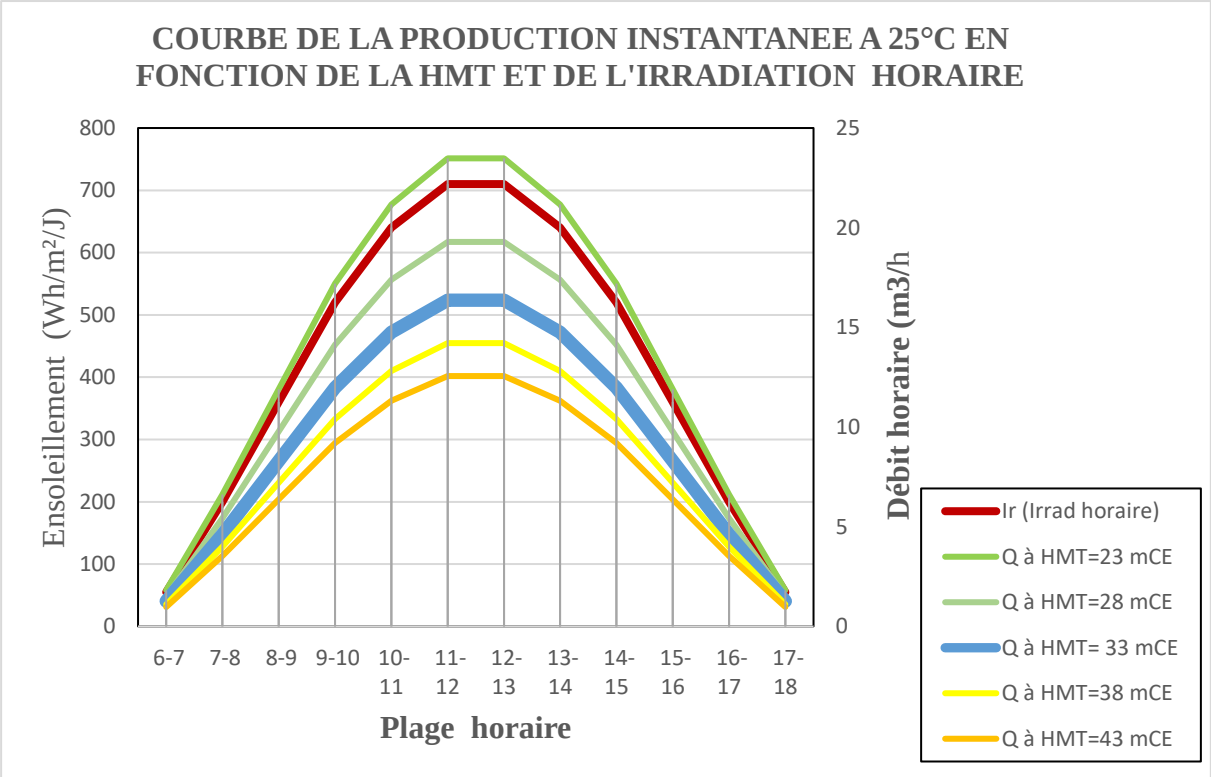
❖ *Tableau de la production instantanée en fonction de l'irradiation mensuelle et de la HMT à 25°C*

Mois	**Janvier**	**Février**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juillet**	**Août**	**Septembre**	**Octobre**	**Novembre**	**Décembre**
Ensoleillement	**5 782**	**5 149**	**5 683**	**5 513**	**5 103**	**3 812**	**4 259**	**4 572**	**4 612**	**4 701**	**4 979**	**5 483**
H (heure)	Q à H mCE	Q à H mCE	Q à H mCE	Q à H mCE	Q à H mCE	Q à H mCE	Q à H mCE	Q à H mCE	Q à H mCE	Q à H mCE	Q à H mCE	Q à H mCE
6-7	1,474	1,313	1,449	1,406	1,301	0,972	1,086	1,166	1,176	1,199	1,270	1,398
7-8	5,362	4,775	5,270	5,113	4,732	3,535	3,950	4,240	4,277	4,360	4,617	5,085
8-9	9,651	8,595	9,486	9,203	8,518	6,362	7,110	7,632	7,698	7,847	8,311	9,152
9-10	13,940	12,414	13,702	13,293	12,304	9,190	10,270	11,024	11,119	11,335	12,005	13,220
10-11	17,157	15,279	16,864	16,360	15,143	11,311	12,640	13,568	13,685	13,951	14,775	16,271
11-12	19,033	16,951	18,708	18,150	16,799	12,548	14,022	15,052	15,182	15,477	16,392	18,051
12-13	19,033	16,951	18,708	18,150	16,799	12,548	14,022	15,052	15,182	15,477	16,392	18,051
13-14	17,157	15,279	16,864	16,360	15,143	11,311	12,640	13,568	13,685	13,951	14,775	16,271
14-15	13,940	12,414	13,702	13,293	12,304	9,190	10,270	11,024	11,119	11,335	12,005	13,220
15-16	9,651	8,595	9,486	9,203	8,518	6,362	7,110	7,632	7,698	7,847	8,311	9,152
16-17	5,362	4,775	5,270	5,113	4,732	3,535	3,950	4,240	4,277	4,360	4,617	5,085
17-18	1,474	1,313	1,449	1,406	1,301	0,972	1,086	1,166	1,176	1,199	1,270	1,398
Débit total à 25°C	**133,234**	**118,654**	**130,959**	**127,047**	**117,596**	**87,834**	**98,156**	**105,366**	**106,272**	**108,339**	**114,741**	**126,355**

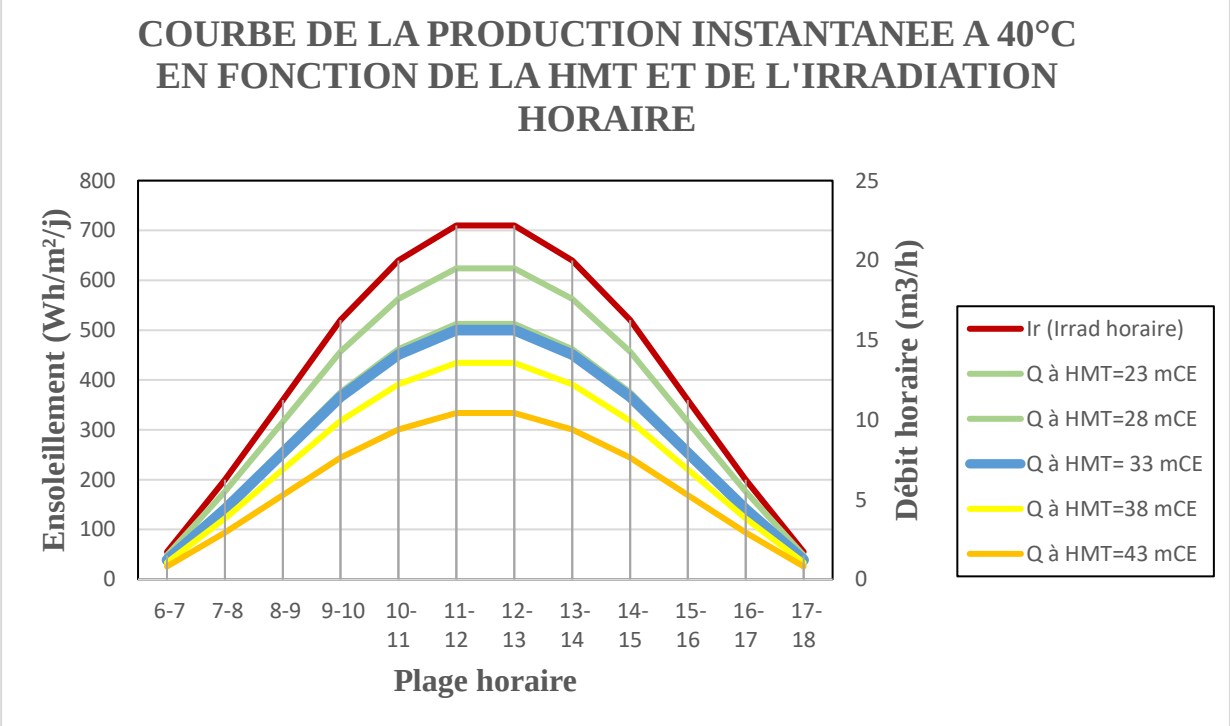
❖ *Tableau de la production instantanée en fonction de l'irradiation mensuelle et de la HMT à 40°C*

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Ensoleillement (Wh/m2/jr	**5 782**	**5 149**	**5 683**	**5 513**	**5 103**	**3 812**	**4 259**	**4 572**	**4 612**	**4 701**	**4 979**	**5 483**
H (heure)	**Q à H mCE**	**Q à H mCE**	**Q à H mCE**	**Q à H mCE**	**Q à H mCE**	**Q à H mCE**	**Q à H mCE**	**Q à H mCE**	**Q à H mCE**	**Q à H mCE**	**Q à H mCE**	**Q à H mCE**
6-7	1,408	1,254	1,384	1,343	1,243	0,928	1,037	1,114	1,123	1,145	1,213	1,335
7-8	5,120	4,560	5,033	4,882	4,519	3,376	3,772	4,049	4,084	4,164	4,410	4,856
8-9	9,216	8,208	9,059	8,788	8,135	6,076	6,790	7,289	7,351	7,494	7,937	8,741
9-10	13,313	11,856	13,085	12,694	11,750	8,776	9,808	10,528	10,619	10,825	11,465	12,625
10-11	16,385	14,592	16,105	15,624	14,462	10,802	12,071	12,958	13,069	13,323	14,111	15,539
11-12	18,177	16,188	17,867	17,333	16,043	11,983	13,391	14,375	14,499	14,781	15,654	17,238
12-13	18,177	16,188	17,867	17,333	16,043	11,983	13,391	14,375	14,499	14,781	15,654	17,238
13-14	16,385	14,592	16,105	15,624	14,462	10,802	12,071	12,958	13,069	13,323	14,111	15,539
14-15	13,313	11,856	13,085	12,694	11,750	8,776	9,808	10,528	10,619	10,825	11,465	12,625
15-16	9,216	8,208	9,059	8,788	8,135	6,076	6,790	7,289	7,351	7,494	7,937	8,741
16-17	5,120	4,560	5,033	4,882	4,519	3,376	3,772	4,049	4,084	4,164	4,410	4,856
17-18	1,408	1,254	1,384	1,343	1,243	0,928	1,037	1,114	1,123	1,145	1,213	1,335
Débit total à 40° C	**127,238**	**113,314**	**125,066**	**121,329**	**112,304**	**83,881**	**93,739**	**100,625**	**101,490**	**103,464**	**109,577**	**120,669**

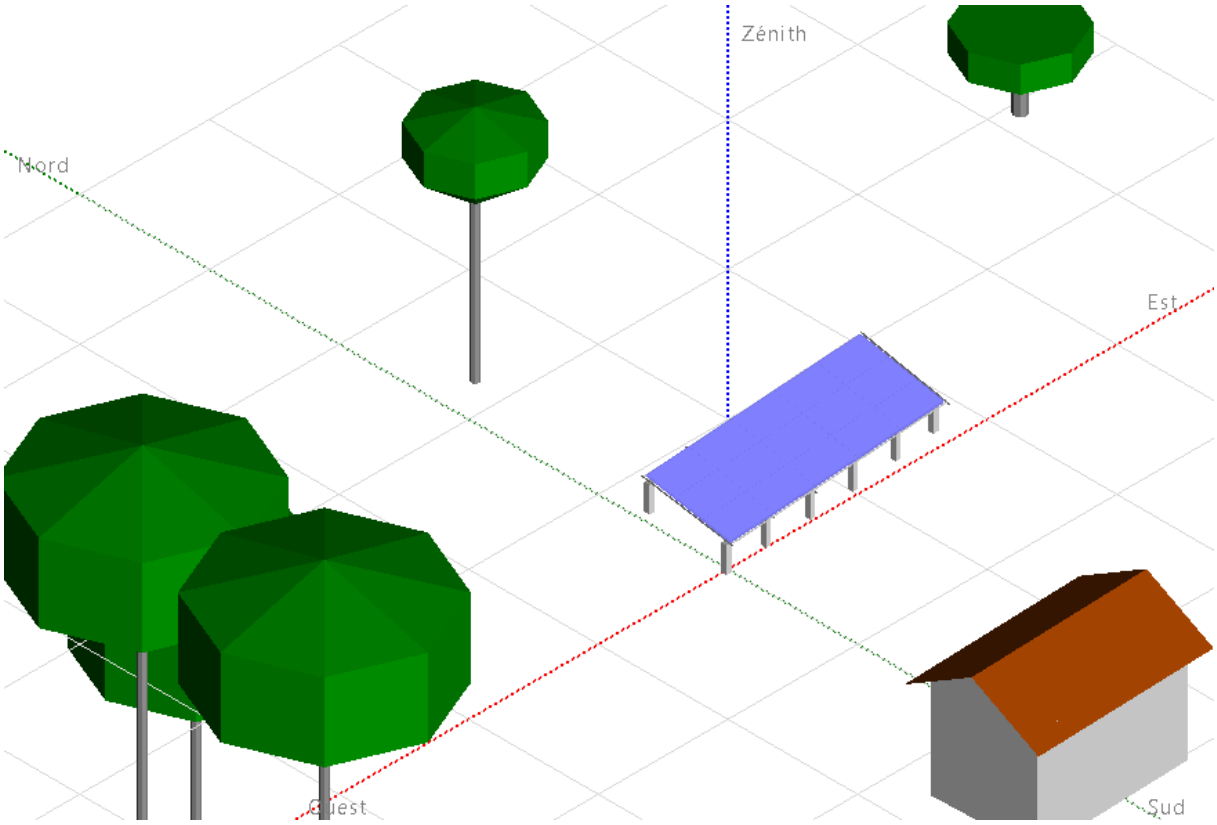
Annexe 11 :Evolution du débit de pompage en fonction de la HMT et de l'irradiation journalière à 25° C



Annexe 12 :Evolution du débit de pompage en fonction de la HMT et de l'irradiation horaire journalière à 40° c



Annexe 13 : Rapport de simulation sur PVsyst avec ombrages linéaires



Projet : PROJET SAEP DE KPAYA

Variante: Simulation de la production du site de KPAYA

PVsyst V8.0.18
VC0, Simulé le :
10/12/25 08:35
avec V8.0.18

PVsyst EVALUATION

Résumé du projet

Site géographique
KPAYA
Guinée

Situation

Latitude	7.81 °(N)
Longitude	-8.76 °(W)
Altitude	0 m
Fus. horaire	UTC

Paramètres du projet
Albédo 0.20

Données météo
KPAYA
Meteonorm 8.2, Sat=100 % - Synthétique

Résumé du système

Système couplé au réseau
Tables sur un bâtiment

Orientation #1
Plan fixe
Inclinaison/Azimut 15 / -3.7 °

Ombrages proches
Ombrages linéaires : Rapide (table)

Besoins de l'utilisateur
Charge illimitée (réseau)

Information système

Champ PV

Nb. de modules	14 unités
Pnom total	5.32 kWc

Onduleurs

Nombre d'unités	1 unité
Puissance totale	5.5 kWac
Rapport Pnom	0.97

Résumé des résultats

Energie produite	8717.2 kWh/an	Productible	1639 kWh/kWc/an	Indice perf. PR	80.71 %

Table des matières

Résumé du projet et des résultats 2
Paramètres généraux, Caractéristiques du champ de capteurs, Pertes système 3
Résultats principaux 4
Diagramme des pertes 5
Graphiques prédéfinis 6
Schéma unifilaire 7

PVsyst EVALUATION

Projet : PROJET SAEP DE KPAYA

Variante: Simulation de la production du site de KPAYA

PVsyst V8.0.18
VC0, Simulé le :
10/12/25 08:35
avec V8.0.18

Paramètres généraux

Système couplé au réseau

Orientation #1
Plan fixe
Inclinaison/Azimut 15 / -3.7 °

Ombrages proches
Ombrages linéaires : Rapide (table)

Tables sur un bâtiment

Modèles utilisés
Transposition Perez
Diffus Perez, Meteonorm
Circumsolaire séparément

Besoins de l'utilisateur
Charge illimitée (réseau)

Horizon
Pas d'horizon

Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV

Fabricant	Generic
Modèle	Honor-380-M6
(Paramètres définis par l'utilisateur)	
Honor_Solar_380_M6.PAN	
Puissance unitaire	380 Wc
Nombre de modules PV	14 unités
Nominale (STC)	5.32 kWc
Modules	1 chaînes x 14 En série
Aux cond. de fonct. (25°C)	
Pmpp	5.34 kWc
U mpp	496 V
I mpp	11 A

Onduleur

Fabricant	Generic
Modèle	VAVON 100X
(Paramètres définis par l'utilisateur)	
Puissance unitaire	5.50 kWac
Nombre d'onduleurs	1 unité
Puissance totale	5.5 kWac
Tension de fonctionnement	400-800 V
Rapport Pnom (DC:AC)	0.97

Puissance PV totale

Nominale (STC)	5 kWc
Total	14 modules
Surface modules	25.5 m²
Surface cellule	23.1 m²

Puissance totale onduleur

Puissance totale	5.5 kWac
Nombre d'onduleurs	1 unité
Rapport Pnom	0.97

Pertes champ

Fact. de pertes thermiques
Température modules selon l'irradiance
Uc (const) 20.0 W/m²K
Uv (vent) 0.0 W/m²K/m/s

Pertes câblage DC
Rés. globale champ 147 mΩ
Frac. pertes 0.32 % aux STC

Perte de qualité module
Frac. pertes -0.75 %

Pertes de mismatch modules
Frac. pertes 2.00 % au MPP

Facteur de perte IAM
Effet d'incidence (IAM): Fresnel, anti-reflets, n(verre)=1.526, n(AR)=1.290

0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.963	0.892	0.814	0.679	0.438	0.000

PVsyst EVALUATION

Projet : PROJET SAEP DE KPAYA

Variante: Simulation de la production du site de KPAYA

PVsyst V8.0.18
VC0, Simulé le :
10/12/25 08:35
avec V8.0.18

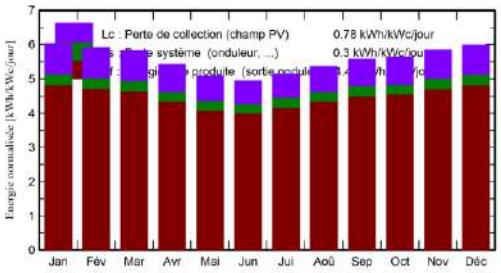
PVsyst EVALUATION

Résultats principaux

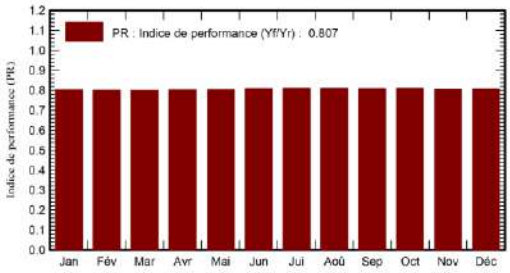
Production du système

Energie produite	8717.2 kWh/an	Productible	1639 kWh/kWc/an
		Indice perf. PR	80.71 %

Productions normalisées (par kWp installé)



Indice de performance (PR)



Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR ratio
Janvier	168.4	80.30	26.48	186.7	183.3	849.8	798.9	0.804
Février	156.3	86.85	27.31	165.4	162.4	750.9	704.8	0.801
Mars	178.4	97.56	27.35	180.7	177.2	820.1	769.2	0.800
Avril	168.3	91.87	26.73	162.5	158.7	741.3	695.1	0.804
Mai	170.3	89.02	26.58	157.7	153.3	721.3	675.6	0.805
Juin	164.0	84.62	25.21	148.7	144.1	685.1	640.9	0.810
Juillet	174.8	83.90	25.06	159.8	155.3	736.5	689.6	0.811
Août	175.6	83.85	24.63	166.2	161.9	766.4	717.8	0.812
Septembre	168.5	80.16	24.79	167.2	163.3	767.8	720.8	0.810
Octobre	167.3	87.04	25.74	174.6	170.8	801.3	753.1	0.811
Novembre	159.6	74.03	25.83	175.2	171.8	801.8	753.4	0.808
Décembre	164.8	76.53	26.25	185.4	182.0	848.0	798.0	0.809
Année	2016.3	1015.72	25.99	2030.1	1984.2	9290.1	8717.2	0.807

Légendes

GlobHor	Irradiation globale horizontale	EArray	Energie effective sortie champ
DiffHor	Irradiation diffuse horizontale	E_Grid	Energie injectée dans le réseau
T_Amb	Température ambiante	PR	Indice de performance
GlobInc	Global incident plan capteurs		
GlobEff	Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages		

PVsyst EVALUATION

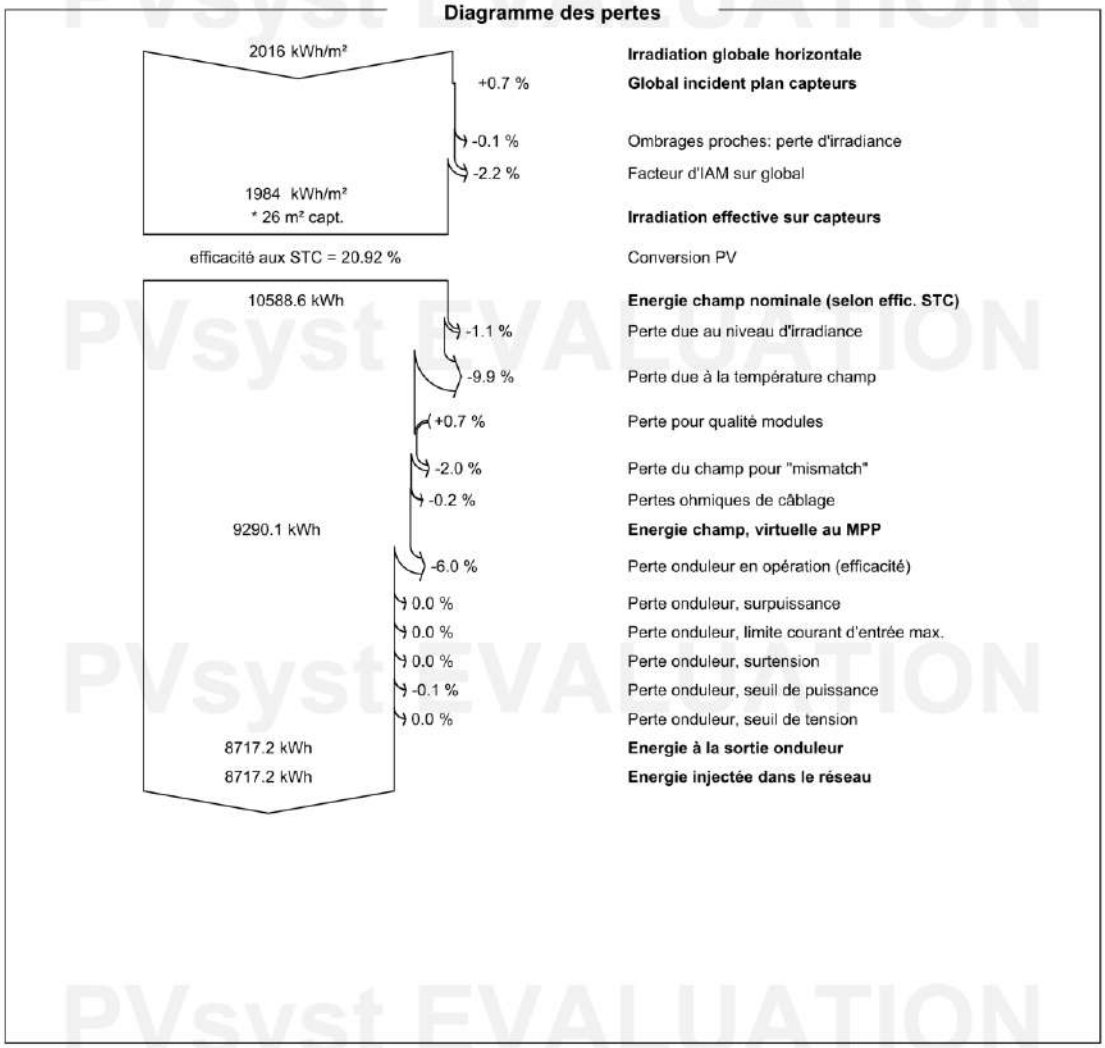
Projet : PROJET SAEP DE KPAYA

Variante: Simulation de la production du site de KPAYA

PVsyst V8.0.18
VC0, Simulé le :
10/12/25 08:35
avec V8.0.18

PVsyst EVALUATION

Diagramme des pertes



PVsyst EVALUATION

Annexe 14 : Devis et coût du CAPEX

DEVIS QUANTITATIF DES TRAVAUX D'AMENAGEMENT AEPS DE KPAYA					
N°	Désignation	Unité	Quantité	PU HT HD (Euro)	TOTAL PARTIEL HT HD (Euro)
I	INSTALLATION DE CHANTIER				
I.1	Etude d'exécution détaillées (levées topographiques, études de sol, plans d'exécution génie civil, hydraulique, électricité et les notes de calculs)	f	1	8000	10000
	Sous-total I				10000
II	GENIE CIVIL				
II.1	Fourniture et installation d'un réservoir métallique de 80 m3 (y compris Echelle et indicateur de Niveau)	Ens	1	30 000	30000
II.2	Construction d'une tour de 8 m pour le réservoir de 80m3	U	1	35 000	35000
II.3	Construction d'un Abri pour groupe électrogène (3.3m x 3.3 m)	U	1	4 000	4000
II.4	Construction d'un Abri pour système de chloration (2.3m x 2.3m)	U	1	3 000	3000
II.5	Construction de supports de panneau	U	1	5 000	5000
sous-total II	Sous-total II				77000
III	AMENAGEMENT DE FORAGE				
	Réalisation de forage	ff	1	6 000	6000
III.1	Essais de pompage	ff	1	2 000	2000
III.2	Tête de forage + Platine et accéssoires	Ens	1	850	850
III.3	Manofold en 2"	Ens	1	2 353	2353
	Sous-Total III				11203
IV	ALIMENTATION ELECTRIQUE HYBRIDE (PV + GE) POUR 110m3/Jr à 90mCE				
IV.1	Composants électriques	Ens	1	20056,4	20056,4
IV.1	Fourniture et pose de Mise à la terre (MALT)	Ens	1	549	548,6
IV.3	Support	Ens	1	18	18
	Sous-Total IV				20623
V	RESEAUX HYDRAULIQUE				
V.1	Fourniture et pose conduite PVC	Ens	1	51 840	51840
V.2	Fourniture et pose vannes, ventouses	Ens	1	6 810	6810
V.3	Points de distribution	Ens	1	2 900	2900
V.4	Pièces de raccordement	Ens	1	272	272
V.5	Borne, plus-values et traversées	Ens	1	2 510	2510
	Sous-total V				64332
VI	EQUIPEMENT HYDRAULIQUE DU CE				
VI.1	Refoulement	Ens	1	1 568	1568
VI.2	Dispositif de chloration	Ens	1	728	728,2
VI.3	Distribution	Ens	1	2 469	2469,08
VI.4	Trop plein	Ens	1	440	440
VI.5	Vidange	Ens	1	325	325
VI.6	SUPPORTS				
VI.6.1	Supports exterieur	Ens	1	184	184,26
VI.6.2	Supports Interieur	Ens	1	38	38,36
	Sous-Total VI				5752,9
VII	FORMATION ET MATERIEL DE MESURE	U			
VII.1	Formation des exploitants de système de pompage hybride	ff	1	200	500
VII.2	Formation de deux (02) opérateurs de maintenance	ff	1	150	150
VII.3	Mallette de contrôle pour système solaire	U	1	500	500
	Sous-Total VII				1150
	TOTAL HT HD				190 060,90
	TOTAL + TVA (18%)				224 271,86

Annexe 15 : Tableaux de calcul des OPEX pour le projet

ETUDE ECONOMIQUE

Durée de vie du projet	**15**
Taux d'actualisation	**7%**

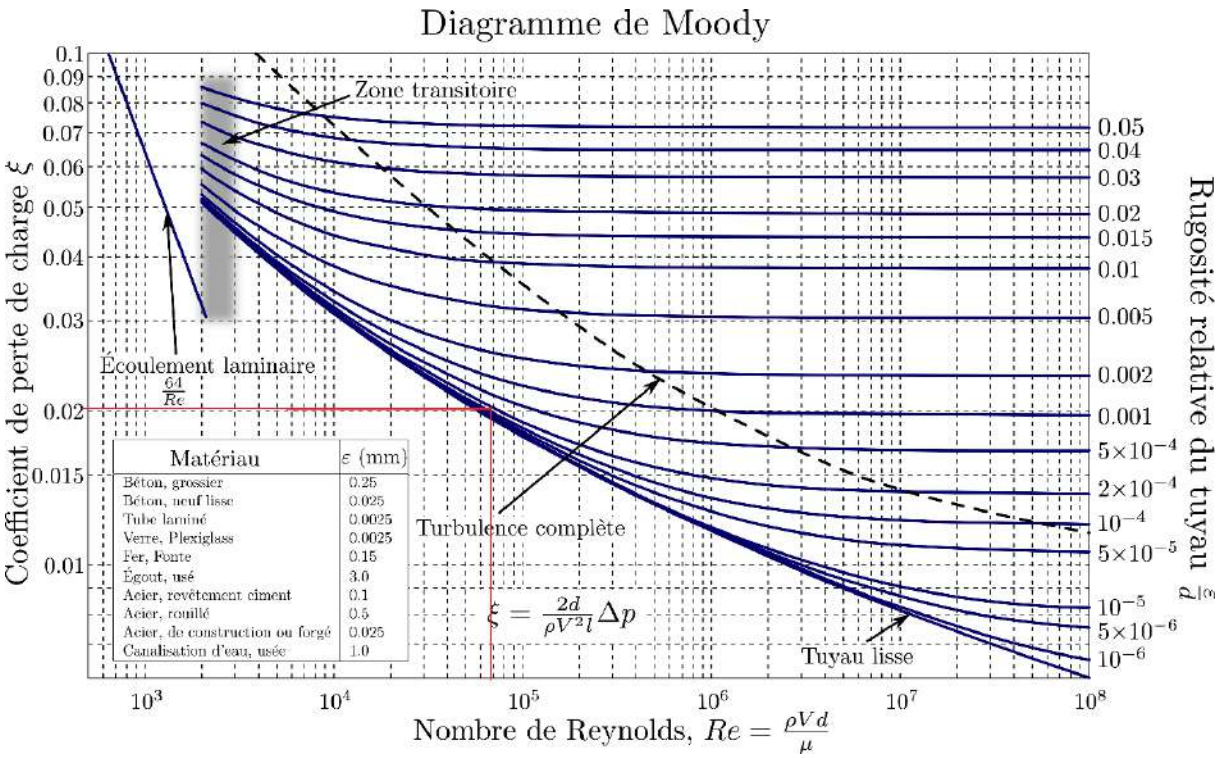
TOTAL OPEN ACTUALISÉ SUR LA DURÉE DU PROJET							**24374**
COÛTS DE REMPLACEMENT DES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES							
Désignation	Durée de vie (Ans)	Nombre de remplacement	Unité	Quantité	Prix unitaire en TTC (Euro)	Prix total à l'année 2025 en TTC (Euro)	Coût total actualisé à l'année de remplacement (Euro)
Modules photovoltaïques HONOR SOLAR 380 Wc	25	-	-	-	-	-	
Pompe immergée Grundfos SP18-5	8	1	U	1	4 628	4628	7952
Variateur de fréquence VACON X100	8	1	U	1	4 000	4000	6873
Coffret de protection DC Eurelec 1ST/MC4	15	-	-	-	-	-	
Parafoudre DC 20kA	5	2	U	2	50	200	281
Groupe électrogène diesel DSMO 12,5 KVA (Faible usage < 300 h/an)	15	-	-	-	-	-	
Câbles Alu 6mm2 entre champ PV et Coffret DC	20	-	-	-	-	-	
Câble d'alimentation pompe immergée souple en Alu 4x4mm2	10	1	ml	75	16	1200	2361
Câble d'alimentation sonde de niveau 1x1.5mm2	10	1	ml	75	3	225	443
Câble inox suspension pompe immergée Ø4mm	15	-	-	-	-	-	0
sonde de niveau	8	1	U	1	82	82	141
Paire de connecteur MC4 à sertir 4/6mm² (30A 1000V)	8	1	U	10	4	40	69
Boîte de jonction M13 avec résine à couler pour câbles	10	1	U	1	20	20	39
Boîte de dérivation en saillie, carrée en plastique avec couvercle à vis. - IP55	15	-	-	-	-		
Gaine électrique flexible DN32 100m	20	-	-	-	-		
Ensemble Mise à la terre (MALT)	15	-	-	-	-		
Sous-Total équipement électrique						**10395**	**18157**

MAINTENANCE DES EQUIPEMENTS			
Groupe électrogène diesel DSMO 12,5 KVA (Faible usage < 300 h/an)			
Action	**Fréquence**	**Coût à l'année 2025 (en Euro)**	**Coût actualisé pour l'année 2040 (en Euro)**
Vidange moteur + filtre à huile	1 fois/an	150	434
Changement filtre à air	1 fois/an		
Changement filtre à gasoil	1 fois/an		
Vérification niveau liquide refroidissement	1 fois/mois		
Test de démarrage	1 fois par mois		
Fonctionnement à vide pendant 10 min	1 fois par mois		
Nettoyage général	2 fois/an		
Consommation carburant pour 300h	-	743	2051
Sous-Total maintenance GE		**893**	**2465**
Système PV			
Action	**Fréquence**	**Coût à l'année 2025 (en Euro)**	**Coût actualisé pour l'année 2040 (en Euro)**
Nettoyage du champ PV	1 fois/mois	10	28
Maintenance du VDF et coffret DC	1 fois/an	50	138
Maintenance de la pompe	1 fois/an		
Sous-Total maintenance système PV		**60**	**166**
Réseau hydraulique			
Action	**Fréquence**	**Coût à l'année 2025 (en Euro)**	**Coût actualisé pour l'année 2040 (en Euro)**
Inspection visuelle des accessoires du réseau	1 fois/mois	500	1380
Graissage des vannes d'arrêt et vérification de leur manœuvrabilité.	1 fois/an		
Nettoyage des ventouses	1 fois/an		
Nettoyage et désinfection du réservoir	1 fois/an		
Purge des conduites	1 fois/mois		
Contrôle de la qualité de l'eau (pH, turbidité, chlore résiduel)	2 fois/an		
Retouche des revêtements époxy sur pièces métalliques.	1 fois/ 5 ans	400	1104
Remplacement des pièces défectueuses		100	276
Approvisionnement en chlore	1 fois/mois	300	828
Sous-Total maintenance réseau hydraulique		**1300**	**3587**
TOTAL MAINTENANCE		**2253**	**6217**

Annexe 16 :Tableaux de calcul des OPEX pour l'alimentation de la pompe exclusivement avec le GE

Maintenance du GE pour 6h de fonctionnement par jour					
Action	**Intervalle constructeur (heures)**	**Échéance pour 6 h/jour (en jour)**	**Interventions/an**	**Coût à l'année 2025 (en Euro)**	**Coût actualisé pour l'année 2040 (en Euro)**
Vidange moteur + filtre à huile	**250**	**42**	**9**	360	993
Changement filtre à air	500	**84**	**5**	75	207
Changement filtre à gasoil	250	**42**	**9**	360	993
Vérification niveau liquide refroidissement	100	1 fois/mois	12 fois/an	150	414
Nettoyage général	Semestriel	—	2 fois/an	50	138
Consommation carburant				5427	14973
Sous-Total maintenance GE				**6 422**	**17 718**

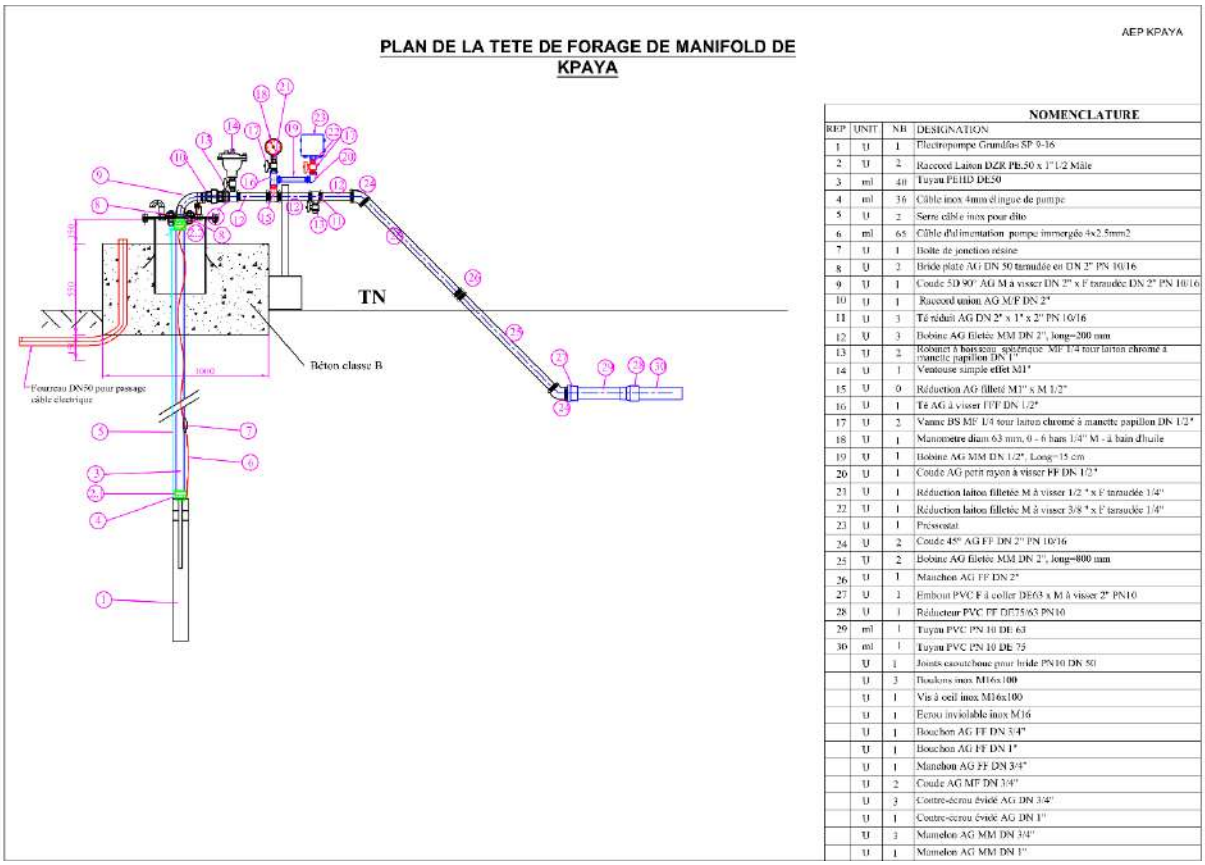
Annexe 17: Détermination du coefficient de perte de charge linéaire sur le diagramme de Moody



Annexe 18 : Le plan d'équipement du manifold de la sortie forage

Manifold			
Désignation	Nombre	Coef k /Pièce	Coef k total
Bride AG DN90	1	0,2	0,2
Coude long rayon AG 90° DN90	1	0,5	0,5
Coude long rayon AG 45° DN90	2	0,4	0,8
Té réduit AG 90/50/90	3	1	3
Manchon AG DN90	4	0,1	0,4
Vanne à boisseau sphérique 1/4 de tour DN80	1	0,1	0,1
Vanne à boisseau sphérique 1/4 de tour DN40	1	0,6	0,6
Clapet anti-retour en laiton DN80	1	3	3
Filtre Y en laiton DN80	1	2	2
Raccords unions AG DN90	3	0,2	0,6
Compteur Woltmann laiton DN80	1	1,5	1,5
Total coefficient de singularité du manifold			12,7
Conduite de refoulement			
Désignation	Nombre	Coef k /Pièce	Coef k total

Coude PVC 45° DN90	2	0,4	0,8
Coude PVC 90° DN90	6	0,5	3
Vanne à boisseau sphérique 1/4 de tour DN80	3	0,1	0,3
Raccords unions PVC DN90	6	0,12	0,72
Collier de prise en charge 90/32	3	0,4	1,2
Té égal PVC DN90	2	1,5	3
Flotteur laiton DN90	1	3	3
Coefficient de singularité k du refoulement			12,02
Total coefficient de singularité de la conduite de refoulement			24,72
Δhs	**0,532324159**		
ΔH (m)	**2,942**		



REP	UNIT	NB	DESIGNATION
1	U	1	Electropompe Grundfos SP 9-16
2	U	2	Raccord Laiton DZR PE 50 x 1" 1/2 Mâle
3	ml	40	Tuyau PEHD DE50
4	ml	36	Câble inox 4mm élingué de pompe
5	U	2	Serre câble inox pour dito
6	ml	65	Câble d'alimentation pompe immergée 4x2.5mm2
7	U	1	Boîte de jonction résine
8	U	2	Bride plate AG DN 50 taraudée en DN 2" PN 10/16
9	U	1	Coude 5D 90° AG M à visser DN 2" x F taraudée DN 2" PN 10/16
10	U	1	Raccord union AG MF DN 2"
11	U	3	Té réduit AG DN 2" x 1" x 2" PN 10/16
12	U	3	Bobine AG filetée MM DN 2", long=200 mm
13	U	2	Robinet à boisseau sphérique MF 1/4 tour laiton chromé à manette papillon DN 1/2"
14	U	1	Ventouse simple effet M1"
15	U	0	Réduction AG filleté M1" x M 1/2"
16	U	1	Té AG à visser FFF DN 1/2"
17	U	2	Vanne BS MF 1/4 tour laiton chromé à manette papillon DN 1/2"
18	U	1	Manometre diam 63 mm, 0 - 6 bars 1/4" M - à bain d'huile
19	U	1	Bobine AG MM DN 1/2", Long=15 cm
20	U	1	Coude AG petit rayon à visser FF DN 1/2"
21	U	1	Réduction laiton filletée M à visser 1/2 " x F taraudée 1/4"
22	U	1	Réduction laiton filletée M à visser 3/8 " x F taraudée 1/4"
23	U	1	Pressostat
24	U	2	Coude 45° AG FF DN 2" PN 10/16
25	U	2	Bobine AG filetée MM DN 2", long=800 mm
26	U	1	Manchon AG FF DN 2"
27	U	1	Embout PVC F à coller DE63 x M à visser 2" PN10
28	U	1	Réducteur PVC FF DE75/63 PN10
29	ml	1	Tuyau PVC PN 10 DE 63
30	ml	1	Tuyau PVC PN 10 DE 75
	U	1	Joints caoutchouc pour bride PN10 DN 50
	U	3	Boulons inox M16x100
	U	1	Vis à œil inox M16x100
	U	1	Ecrou inviolable inox M16
	U	1	Bouchon AG FF DN 3/4"
	U	1	Bouchon AG FF DN 1"
	U	1	Manchon AG FF DN 3/4"
	U	2	Coude AG MF DN 3/4"
	U	3	Contre-écrou évidé AG DN 3/4"
	U	1	Contre-écrou évidé AG DN 1"
	U	3	Mamelon AG MM DN 3/4"
	U	1	Mamelon AG MM DN 1"

Annexe 19: Tuyaux PVC à joint DE 90 PN10



Annexe 20: Plan du CE à 10m de hauteur et équipement hydraulique

CHIALI SERVICES

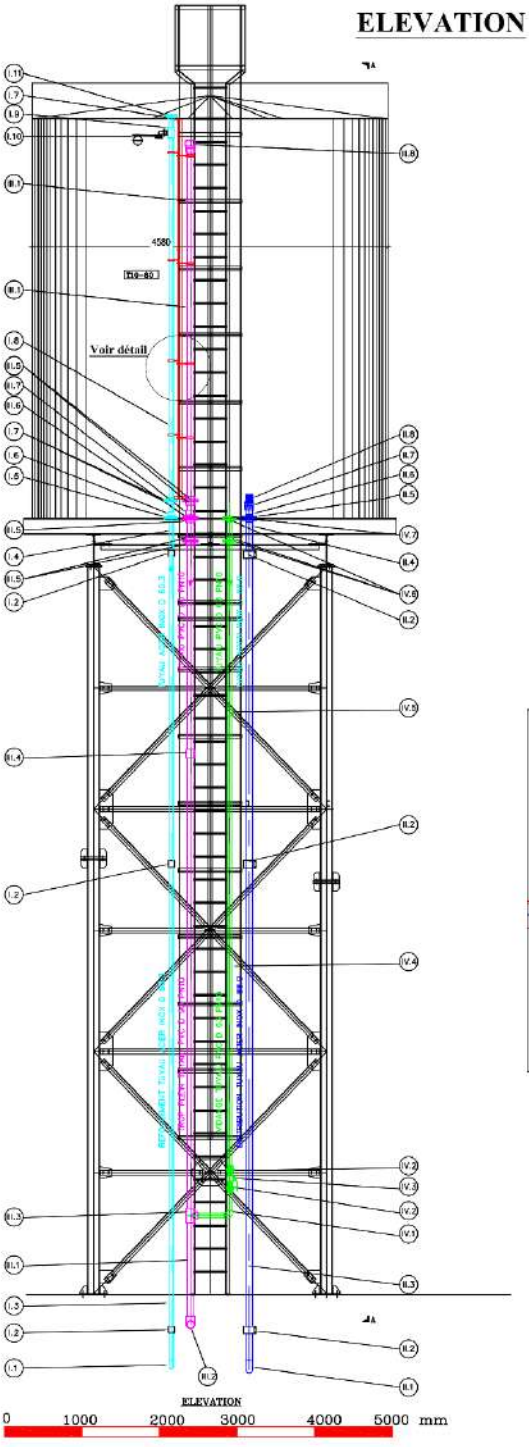
C.E. 80m3 -10m

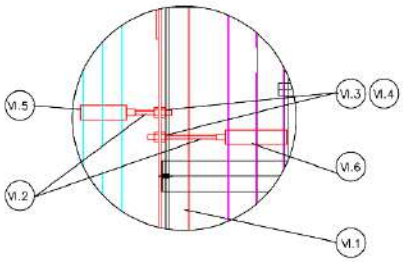
REF.: TUYAU ACIER INOX DN 50
DIST. : TUYAU ACIER INOX DN 80
T.P : TUYAU PVC PRESSION DN 90
VID. : TUYAU PVC PRESSION DN 63

SITES:

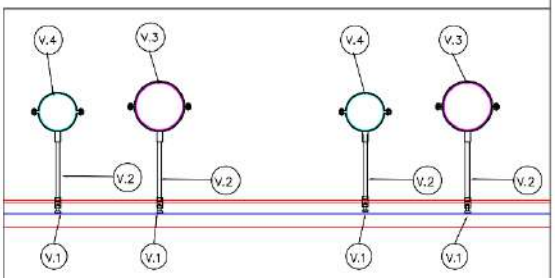
-KPAYA
-GOGOTA CENTRE
-TOUNKARATA CENTRE

ELEVATION





DETAIL SUPPORT INTERIEUR
Ech.:1/10



DETAIL SUPPORT EXTERIEUR
Ech.:1/10

CHIALI SERVICES

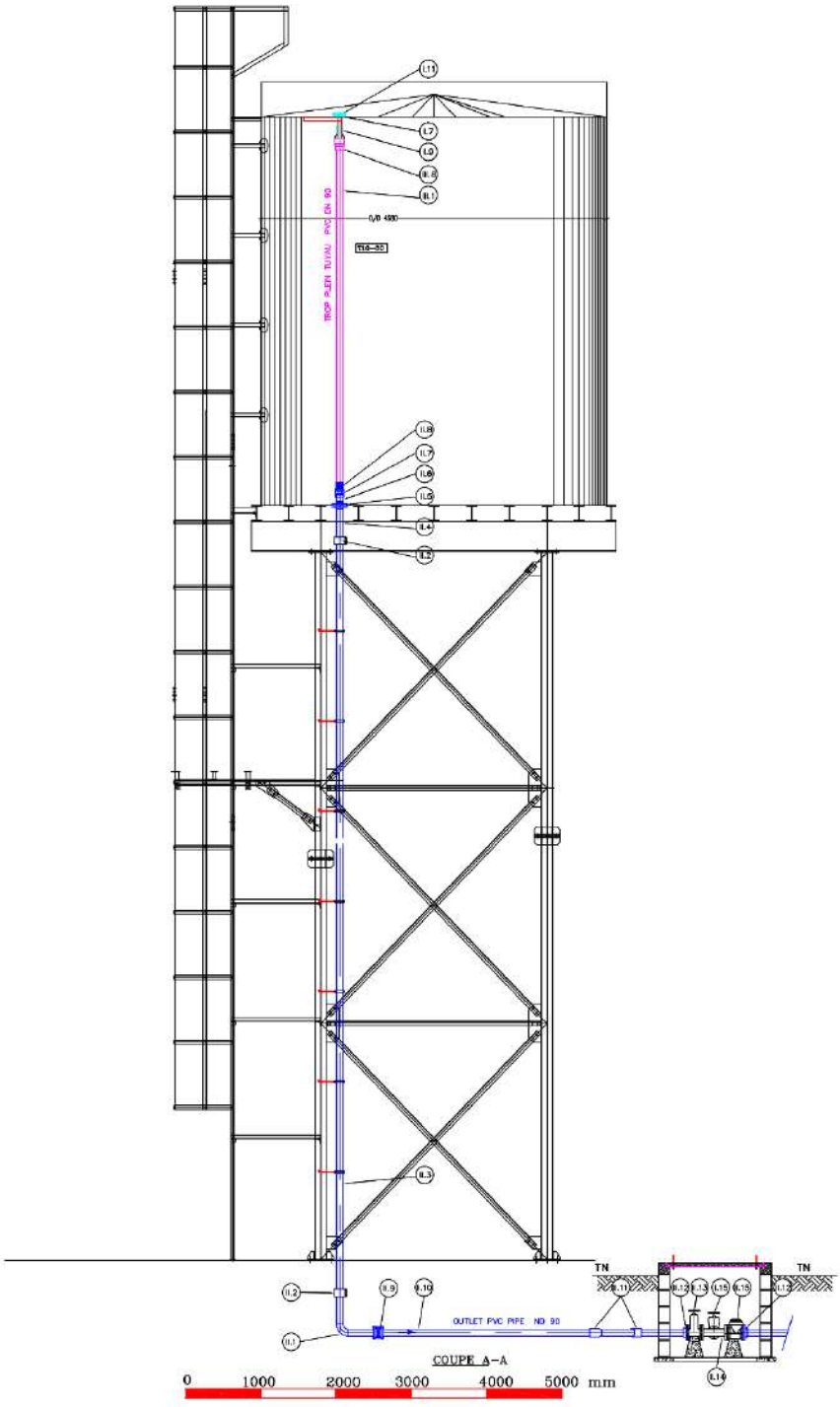
C.E. 80m3 -10m

REF.: TUYAU ACIER INOX DN 50
DIST. : TUYAU ACIER INOX DN 80
T.P : TUYAU PVC PRESSION DN 90
VID. : TUYAU PVC PRESSION DN 63

SITES:

-KPAYA
-GOGOTA CENTRE
-TOUNKARATA CENTRE

COUPE AA



CHIALI SERVICES

C.E. 80m3 -10m

REF.: TUYAU ACIER INOX DN 50
DIST. : TUYAU ACIER INOX DN 80
T.P : TUYAU PVC PRESSION DN 90
VID. : TUYAU PVC PRESSION DN 63

SITES:

-KPAYA
-GOGOTA CENTRE
-TOUNKARATA CENTRE

NOMENCLATURE

N°	QTE	UNITE	DESIGNATION
			NOMENCLATURE
I			REFOULEMENT
I.1	1	U	PIECE INOX PREFABRIQUEE CE50-2
I.2	3	U	RACCORD TEEKAY AXILOCK VERROUILLE DN50 PN10/16
I.3	1	U	TUBE INOX D. 60.3 L=6000mm
I.3'	1	U	TUBE INOX D. 60.3 L=4000mm
I.4	1	U	PIECE INOX PREFABRIQUEE CE50-1
I.5	1	U	BRIDE TARAUDEE INOX 304L DN 50 PN10/16
I.6	1	U	EMBOUT PVC F A COLLER DN63 x M A VISSER DN 2"
I.7	2	U	COLLET BRIDE PVC F A COLLER D 63
I.8	4	ML	TUYAU PVC D 63 PN 10
I.9	1	U	TE PVC 90° MIXTE F A COLLER X F A VISSER 63x2"
I.10	1	U	ROBINET A FLOTTEUR M 2" + BALLON PLASTIQUE
I.11	1	U	BRIDE PLEINE D 63
I.12	1	U	JOINT GIBAULT SYMETRIQUE POUR TUBE ACIER INOX DN2" / TUYAU PVC D 63
I.13	6	ML	TUYAU PVC D 63 PN 16
I.14	2	U	ADAPTATEUR DE BRIDE DN 50 FD POUR PVC D63
I.15	2	U	ROBINET VANNE A OPERCULE SURMOULEE ELASTOMERE BB DN 50 AVEC VOLANT
I.16	1	U	TE EGAL FD BBB DN 50/50/50
II			DISTRIBUTION
II.1	1	U	PIECE INOX PREFABRIQUEE CE80-2
II.2	3	U	RACCORD TEEKAY AXILOCK VERROUILLE DN80 PN10/16
II.3	1	U	TUBE INOX D. 88.9 L=6000mm
II.3'	1	U	TUBE INOX D. 88.9 L=4000mm
II.4	1	U	PIECE INOX PREFABRIQUEE CE80-1
II.5	1	U	BRIDE TARAUDEE INOX 304L DN 80 PN10/16
II.6	1	U	EMBOUT PVC M A COLLER DN90 x M A VISSER DN 3"
II.7	1	U	MANCHON PVC F A COLLER DN 90 x F A VISSER DN 3"
II.8	1	U	CREPINE INOX AVEC FILETAGE NYLON MÂLE BSP DN 3"
II.9	1	U	JOINT GIBAULT SYMETRIQUE POUR TUBE ACIER INOX DN3" / TUYAU PVC D 90
II.10	6	ML	TUYAU PVC D 90 PN 10
II.11	2	U	COUDE PVC 45° D 90 PN16
II.12	2	U	ADAPTATEUR DE BRIDE DN 80 FD POUR PVC D90
II.13	1	U	ROBINET VANNE A OPERCULE SURMOULEE ELASTOMERE BB DN 80 AVEC VOLANT
II.14	1	U	TE REDUIT FD BBB DN 80/50/80
II.15	1	U	COMPTEUR D'EAU FD BB DN 80 PN10/16

VI.6	3	U	COLLIER CEPEX A CLIP DE FERMETURE EN PP POUR TUYAU PVC D. 90
VI.5	3	U	COLLIER CEPEX A CLIP DE FERMETURE EN PP POUR TUYAU PVC D. 63
VI.4	12	U	RONDELLE US INOX M6X40
VI.3	18	U	ECROU 6 PANS NT INOX M6
VI.2	6	U	TIGE FILETEE INOX M6 L=140MM
VI.1	1	U	CORNIERE INOX 40x40x4
VI			SUPPORT INTERIEUR
V.4	6	U	COLLIER DUO SRS AVEC GARNITURE 60-64
V.3	6	U	COLLIER DUO SRS AVEC GARNITURE 86-91
V.2	12	U	TIGE FILETEE M 10x250
V.1	12	U	CRAMPON SERRE JOINT TCS 1 M10/M10
V			SUPPORT EXTERIEUR
IV.7	1	U	BRIDE PLATE INOX 304L DN 50 PN10/16
IV.6	3	U	COLLET BRIDE PVC F A COLLER D 63
IV.5	1	U	MANCHON PVC FF A COLLER D 63
IV.4	12	ML	TUYAU PVC Ø 63 PN10
IV.3	1	U	ROBINET A BOISSEAU SPHERIQUE FF DN 50 1/4 DE TOUR MANOEUVRE A POIGNEE
IV.2	2	U	RACCORD UNION PVC M FILETE DN 2" x F A COLLER D 63
IV.1	1	U	COUDE 90° PVC FF A COLLER D 63
IV			VIDANGE
III.8	1	U	REDUCTION CONIQUE PVC FF 90x110
III.7	1	U	EMBOUT PVC F A COLLER DN90 x M A VISSER DN 3"
III.6	1	U	BRIDE TARAUDEE INOX 304L DN 80 PN10/16
III.5	5	U	COLLET BRIDE PVC F A COLLER D 90
III.4	1	U	MANCHON PVC FF A COLLER D 90
III.3	1	U	TE REDUIT PVC FFF A COLLER DE 90/63/90 PN16
III.2	1	U	COUDE PVC 90° DE 90 PN16
III.1	18	ML	TUYAU PEHD Ø 90 PN10
III			TROP PLEIN
II.15	1	U	COMPTEUR D'EAU FD BB DN 80 PN10/16