



الشعبية الديمقراطية الجزائرية الجمهورية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

العلمي والبحث العالي التعليم وزارة

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للتكنولوجيا والهندسة - عنابة

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE TECHNOLOGIE ET D'INGENIERIE -ANNABA-
Département d'Électronique, d'Électrotechnique et Automatique

MEMOIRE

En vue d'obtention du diplôme d'INGÉNIEUR D'ETAT

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Electrotechnique

Spécialité : Production Electrique et Energies Renouvelables

Présenté par

Nada El Rayhane MOKADDEM

Chaima CHAIB

Étude et dimensionnement d'un système de secours anti-incendie alimenté par énergies renouvelables au sein de la centrale électrique Koudiet Eddraouch

Encadré par

MCA. SMILI Karima

Co-encadré par

MCA. CHIHEB Sofiane

ENSTI Annaba

Membres du jury :

MCA. Azzeddine
DEKHANE

Président

ENSTI ANNABA

MCA. Badri REKIK

Examineur

ENSTI ANNABA

MAB. Mohamed ROUAMEL

Examineur

ENSTI ANNABA

Année 2024-2025

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant qui nous a donné le courage, et la patience pour réaliser ce travail, malgré toutes les difficultés rencontrées.

Nos vifs remerciements s'adressent humblement à notre encadrante Mme SMILI Karima et notre co-encadrant Mr CHIHEB Sofiane qui nous ont donnés l'occasion de travailler sur ce sujet passionnant, leurs conseils et critiques sur le plan scientifique nous ont permis de bien orienter nos recherches. Nous remercions également M. AZOUZI Hmidet, (Chercheur et expert dans le photovoltaïque) pour son aide, sa disponibilité et ses remarques constructives. Nos remerciements vont enfin à tous ceux et celles qui nous ont apporté, de près ou de loin, orientation, soutien et aide dans la réalisation de ce travail.

Dédicaces

De Nada :

Je dédie ce travail à la lumière de ma vie, ma mère avec toute mon affection pour tous ses encouragements et grand soutien durant mes années d'études, à mon père avec toute ma reconnaissance pour ses efforts, à ma sœur et mon frère Lyna et Mouad, à ma tante Radia et Mohamed le père de mon binôme pour leur aide, enfin à mon cher conjoint Anis que je ne cesserai jamais de remercier pour son aide et soutien.

De Chaima :

Je dédie ce travail à :

Mon cher père, je tiens à te dire un immense merci pour tout ce que tu as fait pour moi, à ma chère mère, mes frères et sœurs.

Résumé

Ce travail décrit un système de secours anti-incendie entièrement autonome pour une centrale électrique, fondé sur l'association d'un champ photovoltaïque et d'un onduleur performant alimentant des motopompes immergées reliées à une réserve d'eau dédiée. Le dimensionnement hydraulique et électrique a été réalisé dans le respect des standards internationaux, garantissant un basculement rapide et une pression adéquate malgré les pertes de charge. Sur le plan économique, bien que l'investissement initial soit conséquent, l'exploitation du solaire permet de réaliser des économies importantes comparativement à une configuration classique à moteur diesel, tout en offrant une solution plus durable et moins émettrice de CO₂.

Mots clés : Système de secours anti-incendie, champ photovoltaïque, dimensionnement hydraulique, diesel vs solaire.

المخلص

يصف هذا العمل نظامًا احتياطيًا مستقلًا بالكامل لمكافحة الحرائق لمحطة توليد الكهرباء، يعتمد على الجمع بين حقل كهروضوئي وعاكس عالي الأداء يغذي مضخات المحركات الغاطسة المتصلة باحتياطي مياه مخصص. وقد تم تنفيذ الأبعاد الهيدروليكية والكهربائية وفقًا للمعايير الدولية، مما يضمن سرعة التغيير والضغط الكافي على الرغم من خسائر الأحمال. من الناحية الاقتصادية، على الرغم من أن الاستثمار الأولي كبير، إلا أن استخدام الطاقة الشمسية مقارنةً بالتكوين التقليدي الذي يعمل بالديزل، يتيح تحقيق وفورات كبيرة مع تقديم حل أكثر استدامة مع CO₂ انبعاثات أقل من

الكلمات المفتاحية نظام مكافحة الحرائق، الحقل الكهروضوئي، تحجيم الهيدروليكية، الديزل مقابل الطاقة الشمسية

Abstract

This work describes a fully autonomous fire-fighting backup system for a power plant, based on the combination of a photovoltaic field and a high-performance inverter feeding submersible motor pumps connected to a dedicated water reserve. The hydraulic and electrical dimensioning was carried out in compliance with international standards, guaranteeing rapid changeover and adequate pressure despite load losses. In economic terms, although the initial investment is substantial, the use of solar power enables significant savings compared with a conventional diesel-powered configuration, while offering a more sustainable solution with fewer CO₂ emissions.

Keywords: fire rescue system, photovoltaic field, sizing hydraulics, diesel vs solar.

Table de matières

Remerciements	1
Dédicaces	2
Résumé	3
Liste des abréviations	6
Liste des tableaux	7
Liste des figures	8
Liste des annexes	9
Introduction générale	1
Chapitre I : Présentation de l'entreprise	2
1. Introduction	3
2. La Centrale Electrique cycle combiné Koudiet Eddraouch	3
2.1. Situation géographique	3
2.2. Fiche technique de la centrale électrique	4
2.3. Identification des espaces disponibles pour l'implantation solaire	4
3. Conclusion	5
Chapitre II : Systèmes photovoltaïques et secours anti-incendie	6
1. Introduction	7
2. Les panneaux photovoltaïques	7
2.1. Cellule photovoltaïque	7
2.2. Le modèle équivalent de la cellule photovoltaïque	7
3. Systèmes de secours anti-incendie	8
4. Intégration des ENR dans le système de sécurité incendie	8
5. Conclusion	9
Chapitre III : Étude et dimensionnement du système de secours anti-incendie ...	10
1. Introduction	11
2. Choix et dimensionnement des composants	11
2.1. La motopompe	11
2.2. La conduite d'eau	11
2.2.1. Pertes charge de la conduite	11

2.2.2.	La hauteur manométrique	13
2.3.	Le choix de la motopompe	13
2.4.	Les panneaux photovoltaïques.....	14
2.5.	Onduleur.....	14
2.6.	Batterie	15
2.7.	Le câble solaire.....	17
3.	Dimensionnement d'un système anti-incendie.....	18
3.1.	La station de pompage SKID.....	19
3.2.	Canalisation.....	19
3.3.	Système déluge	19
4.	Conclusion	19
	Chapitre IV : Etude économique et résultats obtenus.....	20
1.	Introduction.....	21
2.	Etude économique.....	21
2.1.	Paramètres techniques	21
2.2.	Estimation des coûts d'investissement	21
2.3.	Coûts d'exploitation.....	22
2.1.	Comparaison avec solution au gasoil.....	22
3.	Analyse du dimensionnement	23
3.1.	Débit et pompes.....	23
3.2.	Hauteur manométrique et puissance	23
3.3.	Production photovoltaïque et onduleur	23
3.4.	Analyse du dimensionnement des batteries	22
3.5.	Vérification des contraintes et compatibilité.....	24
4.	Conclusion	24
	Conclusion générale.....	25
	Références.....	27
	Annexes.....	29

Liste des abréviations

Symboles	Désignations
PV	Photovoltaïque
NFPA	Association nationale de protection contre l'incendie
IEC	Commission électrotechnique internationale
ENR	Energie Renouvelable
Hga	Hauteur géométrique à vaincre d'aspiration [m]
Hgr	Hauteur géométrique au refoulement [m]
P_h	Puissance hydraulique [W]
I	Courant [A]
η	Rendement [%]

Liste des tableaux

N°	Liste des Tableaux	Page
Tableau III.1	Paramètres de la conduite	10
Tableau III.2	Calcul du nombre de Reynolds	11
Tableau III.3	Caractéristiques de la pompe	13
Tableau III.4	Caractéristiques du panneau PV	13
Tableau III.5	Caractéristiques du panneau PV pour l'ombrage	15
Tableau III.6	Les paramètres de dimensionnement du câble PV	16
Tableau IV.1	Détail des coûts du système de secours	20
Tableau IV.2	Coûts d'exploitation annuels	21

Liste des figures

N°	Titres des figures	Page
Figure I.1	La Centrale Electrique cycle combiné Koudiet Eddraouch	2
Figure I.2	La situation géographique de la centrale électrique	3
Figure I.3	Robinetterie endommagée par la corrosion dans la centrale Koudiet Eddraouche	4
Figure I.4	Les zones libres d'emplacement des composants	4
Figure II.1	Principe de l'énergie photovoltaïque	6
Figure II.2	Modèle équivalent d'une cellule photovoltaïque	7
Figure II.3	Schéma d'un système de pompage photovoltaïque	8
Figure III.1	Système de remplissage de la bache à eau	11
Figure III.2	Régimes d'écoulement d'un fluide	11
Figure III.3	Schéma de pompage	12
Figure III.4	Pompe	13
Figure III.5	Bilan de puissance	14
Figure III.6	Onduleur SUN-25K-SG01HP3-EU-AM2	14
Figure III.7	LBH LIFEPO4 battery 6000 cycles - Wall Mount	15
Figure III.8	Schéma synoptique de système PV	15
Figure III.9	La distance minimale de l'ombrage	16
Figure III.10	L'emplacement des panneaux PV dans la centrale	16
Figure III.11	Câble solaire H1Z2Z2K	17
Figure III.12	Système déluge	17
Figure III.13	Station de pompage	18
Figure III.14	La distribution d'eau des têtes de sprinklers dans un système déluge	18

Liste des annexes

N°	Titre de l'annexe
Annexe 01	Fiche technique de la motopompe
Annexe 02	Fiche technique du panneau PV
Annexe 03	Fiche technique de l'onduleur
Annexe 04	Fiche technique de la batterie
Annexe 05	Fiche technique du câble solaire
Annexe 06	Fiche technique de la station de pompage

Introduction générale

L'Algérie possède de nombreuses ressources fossiles, mais elle a déclenché un projet ambitieux de transition énergétique qui vise à atteindre 30% d'énergies renouvelables, et de réduire de 22% les émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030. L'objectif est de garantir sa fourniture énergétique tout en s'attaquant aux défis climatiques [1].

Dans un environnement fortement exposé à la corrosion, notamment en milieu marin, le réseau de tuyauterie du système anti-incendie de la centrale de Koudiet Eddraouech présente des signes de dégradation fréquente impactant sa disponibilité. Pour pallier ces contraintes structurelles et fonctionnelles, l'étude porte sur la mise en œuvre d'un dispositif hybride, combinant le réseau centralisé existant à une solution décentralisée autonome, alimentée par une infrastructure photovoltaïque locale. Ce système complémentaire vise à garantir une continuité du service en situation de défaillance partielle, et réduire la dépendance au réseau électrique interne, tout en optimisant la réponse incendie dans les zones critiques adaptée aux exigences de bascule ultra-rapide (< 10 ms) et d'autonomie prolongée (1–2 h) définies par les normes de secours incendie [2].

Ce mémoire pose ainsi la problématique suivante : comment assurer en toutes circonstances la fiabilité et l'autonomie d'un système de secours anti-incendie pour la centrale, tout en intégrant les énergies renouvelables. Pour y répondre plusieurs objectifs ont été fixés : d'abord, cartographier les besoins critiques en alimentation électrique nécessaires au fonctionnement des dispositifs de détection, d'alarme et de lutte contre l'incendie. Ensuite, analyser les performances des solutions photovoltaïques associées à des batteries et onduleurs dans des conditions d'exploitation réelles, puis dimensionner avec précision le champ PV, la capacité de stockage et les onduleurs de manière à respecter les exigences d'autonomie imposées par les normes NFPA et IEC. Enfin, valider la solution proposée à travers des simulations techniques et formuler des recommandations alignées avec les standards internationaux de sécurité incendie.

Ce mémoire est structuré en quatre chapitres, le premier chapitre présente la centrale électrique Koudiet Eddraouche ou nous avons mené l'étude de notre mémoire, le second aborde les systèmes photovoltaïques et secours anti-incendie et l'intégration des ENR dans ce système. Le troisième fait une étude et dimensionnement du ce système dans le lieu proposé. Le quatrième, analyse la faisabilité de ce système en appliquant une étude économique, et analysant les résultats obtenus par cette étude. Nous clôturons ce mémoire par une conclusion générale, dans laquelle nous synthétisons les principaux résultats obtenus et ouvrons sur d'éventuelles perspectives.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

1. Introduction

Pour mener à bien l'étude et la conception d'un système de sécurité anti-incendie alimenté par des énergies renouvelables, il est primordial de saisir le fonctionnement, les spécificités techniques et les contraintes propres au lieu d'installation. Ce chapitre met en lumière la centrale électrique à cycle combiné de Koudiet Eddraouech, soulignant son rôle stratégique dans l'approche énergétique algérienne, tout en évoquant les zones libres qui pourraient être exploitées pour l'intégration d'une solution photovoltaïque.

2. La Centrale Electrique cycle combiné Koudiet Eddraouch

Elle est mise en service la fin février 2012 et construite par l'américain General Electric, la centrale électrique du type thermique -cycle combiné- produit 1200MW (400MW *3 tranches) contribuant à répondre à la demande croissante en énergie électrique en Algérie [3].



Figure I.1 : La Centrale Electrique à cycle combiné Koudiet Eddraouch [3]

2.1. Situation géographique

L'analyse de la localisation permet d'évaluer le potentiel solaire exploitable, ainsi que les conditions physiques et climatiques influençant la performance du système. L'orientation, l'inclinaison, et l'ensoleillement du site sont autant de facteurs déterminants pour le dimensionnement optimal de l'installation photovoltaïque :

Emplacement : Koudiet Eddraouche, Wilaya d'El Tarf, Algérie

Coordonnées géographiques : 36°55'35" Nord, 8°14'58" Est

Altitude : Environ 50 mètres

Surface requise (pour le système photovoltaïque) : ~3800 m²

Orientation : Plein Sud

Inclinaison optimale : 32°

Irradiation solaire maximale ($I_{r_{max}}$) : 7,4 kWh/m²/jour

Irradiation solaire minimale ($I_{r_{min}}$) : 2,1 kWh/m²/jour

Nombre d'heures d'ensoleillement équivalentes minimum : 5 h/jour



Figure I.2 : La situation géographique de la centrale électrique [4]

2.2. Fiche technique de la centrale électrique

La centrale électrique de Koudiet Draouche située à El Tarf, est l'une des plus importantes en Algérie. Elle utilise le gaz naturel pour produire de l'électricité et contribue fortement à l'approvisionnement national. Nous présentons la fiche technique résumant ses principales caractéristiques :

- Puissance de la centrale : 1200 MW.
- Configuration : 3 tranches CC de 400 MW chacune.
- Combustible principal : Gaz Naturel.
- Combustible de secours : Gasoil.
- Constructeur : Général Electric /Iberdrola Ingéniera & Construction.
- Délai de réalisation : 48,5 mois.
- Mise en service contractuelle : 15 janvier 2012.
- Maitrise d'œuvre : CEEG.

2.3. Identification des espaces disponibles pour l'implantation solaire

Face aux contraintes spécifiques du site de la centrale de Koudiet Eddraouech, notamment la dégradation récurrente de la tuyauterie du système anti-incendie due à la corrosion en milieu marin, les conduites sont endommagées par la corrosion, alors les vannes ne fonctionnent pas convenablement ce qui bloque le système de secours anti-incendie. Il devient essentiel d'explorer des solutions complémentaires et résilientes. La problématique centrale réside dans la mise en place d'un dispositif hybride de sécurité incendie, combinant le système centralisé existant avec un système autonome, alimenté par énergie photovoltaïque, afin de garantir une protection renforcée en cas de défaillance locale, de panne hydraulique, ou d'indisponibilité du réseau électrique principal.

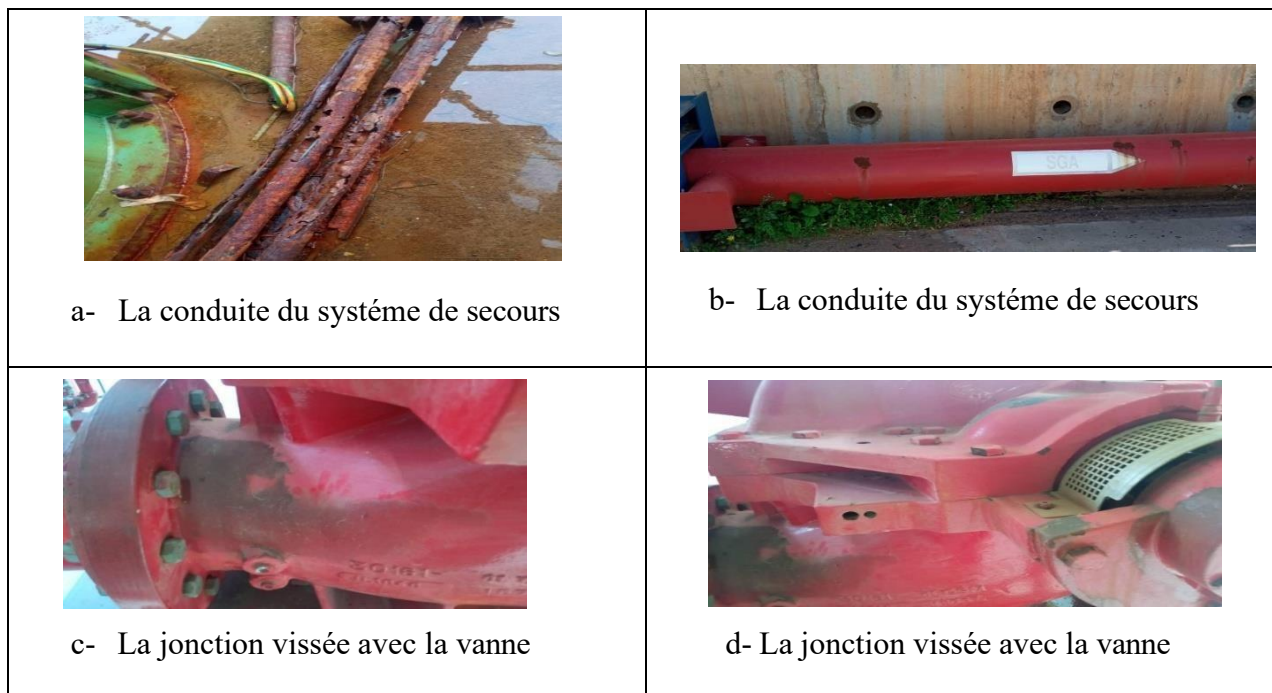


Figure I.3 : Tuyauteries du système anti-incendie de la centrale Koudiet Eddraouche

Sur le site de la centrale de Koudiet Eddraouech, nous avons identifié deux zones existantes non exploitées, d'une superficie respective de 7200 m² et 3800 m². Par ailleurs, quatre hangars disposant de toitures libres d'une superficie de 1000 m², 880 m², 650 m² et 810 m² peuvent également être valorisés.



Figure I.4 : Les zones libres d'emplacement des composants

3. Conclusion

L'analyse des caractéristiques techniques de la centrale de Koudiet Eddraouech et l'étude de son site ont permis d'identifier plusieurs surfaces exploitables pour l'installation d'un système photovoltaïque. Ces espaces, qu'ils soient au sol ou en toiture, offrent un potentiel réel pour alimenter un réseau de secours anti-incendie autonome. Cette évaluation constitue une base solide pour le dimensionnement technique du système envisagé présenté dans le suivant chapitre, tout en tenant compte des contraintes spécifiques du site en termes de sécurité, d'accessibilité et de rendement énergétique.

Chapitre II : Systèmes photovoltaïques et secours anti- incendie

1. Introduction

Un système de sécurité incendie est élaboré pour localiser rapidement un début d'incendie et lancer automatiquement des mesures de défense contre le feu. Pour une centrale électrique, il est crucial que ce système continue à fonctionner en particulier lors d'un incendie, c'est là qu'interviennent les énergies renouvelables. Ce chapitre introduit d'abord le principe de fonctionnement de la cellule photovoltaïque, il présente ensuite les systèmes anti-incendie. Enfin, il aborde l'intégration des énergies renouvelables en système PV.

2. Les panneaux photovoltaïques

2.1. Cellule photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque en silicium est un composant semi-conducteur dopé qui convertit directement l'énergie lumineuse du soleil en courant électrique continu. Elle exploite l'effet photovoltaïque (photoélectrique) : les photons incidents excitent des électrons dans le cristal de silicium, créant des paires électron-trou. Ces porteurs de charge sont alors séparés par le champ électrique interne de la jonction P-N formée dans le matériau, produisant un courant continu exploitable... [5].

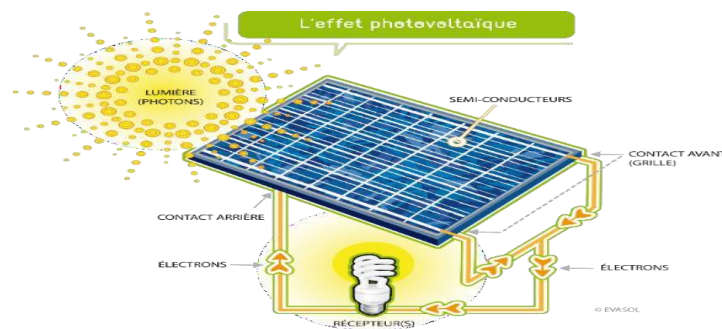


Figure II.1 : Principe de l'énergie photovoltaïque [6]

2.2. Le modèle équivalent de la cellule photovoltaïque

Le modèle mathématique associé à une cellule se trouve à partir de celui d'une jonction P-N. On y ajoute le courant I_{ph} , proportionnel à l'éclairement, ainsi qu'un terme modélisant les phénomènes internes [7].

Le courant I issu de la cellule s'écrit alors :

$$I = I_{ph} - I_{0d} \cdot \left(e^{\frac{q \cdot (U + R_s \cdot I)}{k \cdot T}} - 1 \right) - \frac{U + R_s \cdot I}{R_{sh}} \quad (II.1)$$

Avec :

I_{ph} : photocourant, ou courant généré par l'éclairement (A)

I_{0d} : courant de saturation de la diode (A)

R_s : résistance série (W)

R_{sh} : résistance shunt (W)
 k : constante de Boltzmann ($k = 1,38.10^{-23}$)
 q : charge de l'électron ($q = 1,602.10^{-19}$ C)
 T : température de la cellule ($^{\circ}$ K)

On peut déduire de cette expression un schéma équivalent, comme le montre la figure II.2 :

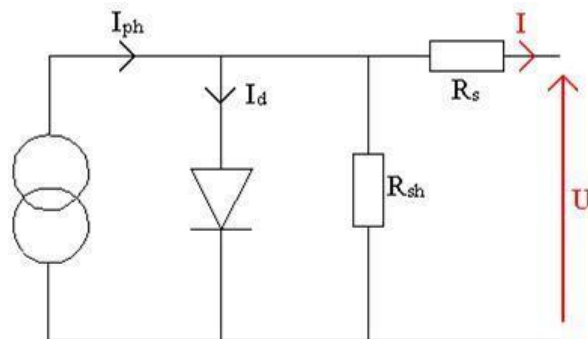


Figure II.2 : Modèle équivalent de la cellule photovoltaïque [7]

3. Systèmes de secours anti-incendie

Un système de secours anti-incendie est conçu pour détecter, signaler et éteindre un début d'incendie afin de limiter les dégâts et protéger les vies humaines et les infrastructures. Il comprend généralement des détecteurs automatiques de fumée, des alarmes (sirènes, flashes), des pompes à eau dimensionnées pour fournir un débit suffisant pendant au moins 2 heures selon la norme NFPA 850, des réservoirs de stockage. Dans une centrale électrique, ces équipements doivent respecter des normes strictes (telles que la NFPA ou la CEI), être hautement fiables, réactifs et capables de fonctionner en toute autonomie, même en cas de panne du réseau principal.

4. Intégration des ENR dans le système de sécurité incendie

L'intégration des énergies renouvelables dans les systèmes de sécurité industrielle comme le présente la figure II.3, cette intégration représente une évolution novatrice et pleine d'avenir. Elle assure non seulement la durabilité du fonctionnement des appareils de protection, mais contribue également à diminuer l'impact carbone des installations. Une étude de cas portant sur le camp de réfugiés de Nyabiheke au Rwanda, montre qu'en remplaçant un groupe diesel traditionnel par un micro-réseau hybride (PV + diesel), on obtient une réduction des émissions de CO₂ d'environ 83 % [8].

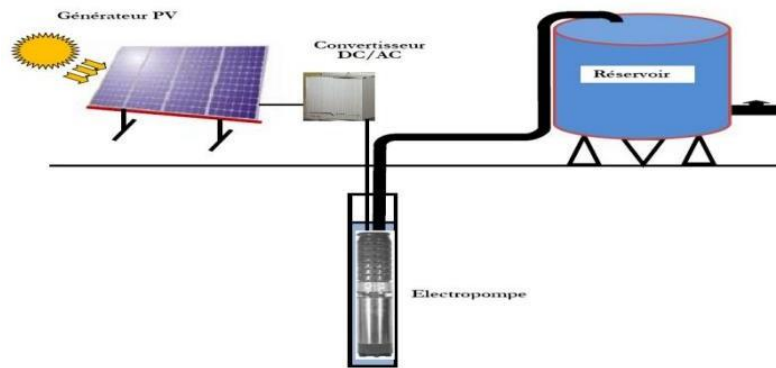


Figure II.3 : Schéma d'un système de pompage photovoltaïque [9]

Afin de charger le réservoir avec la quantité d'eau nécessaire, il faut savoir la quantité d'eau qui s'écoule, en utilisant la formule suivante [10] :

$$Q = \frac{V}{t} [m^3/h] \quad (II.2)$$

5. Conclusion

L'étude faite tout au long de ce chapitre nous a permis de retenir les points suivants : l'effet photovoltaïque, utilisé pour alimenter les dispositifs critiques d'un système de secours anti-incendie. En couplant des modules PV à un onduleur et des batteries, il est possible de garantir une autonomie de plusieurs heures et une bascule en secours quasi instantanée pour les détecteurs, alarmes et pompes d'extinction, même en cas de panne réseau. Cette intégration des énergies renouvelables réduit la dépendance aux groupes diesel, diminue l'empreinte carbone dans la centrale de Eddraouche.

Chapitre III : Étude et dimensionnement du système de secours anti-incendie

1. Introduction

Ce chapitre expose l'étude technique du système de secours anti-incendie, alimenté par l'énergie solaire. Il s'agit de concevoir une solution autonome au fonctionnement garanti en cas de coupure du réseau électrique classique. Pour ce faire, on commence par évaluer les besoins du système en énergie, selon les équipements choisis : panneaux photovoltaïques, pompes, bache à eau, onduleurs et batteries. Enfin, une implantation sur site est proposée et un schéma de principe est associée.

2. Choix et dimensionnement des composants

2.1. La motopompe

Pour notre étude, nous avons estimé le volume nécessaire de la bache à eau qui est de 1000 m³.

$$Q = \frac{V}{t} [m^3/h] \quad (III.1)$$

V : Le volume de la bache à eau [m³]

t : Les heures d'ensoleillement [h], $t = 5h$

$$Q = 200 m^3/h$$

Afin d'assurer la continuité de service, le système sera équipé de deux pompes placées en parallèle.

$$Q_v = \frac{Q}{2} = 100 \frac{m^3}{h} \quad (III.2)$$

2.2. La conduite d'eau

2.2.1. Pertes charge de la conduite

Ce genre de perte est causé par le frottement intérieur qui se produit dans les liquides, il existe deux formes de pertes :

- Pertes de charge systématique (linéaires).
- Pertes de charge singulières.

La décision de choisir un tuyau en béton armé est liée à la problématique de la corrosion dont souffre déjà la centrale en raison de la salinité de l'eau de mer.

Tableau III.1 : Paramètres de la conduite

Diamètre [mm]	100
Longueur [m]	50

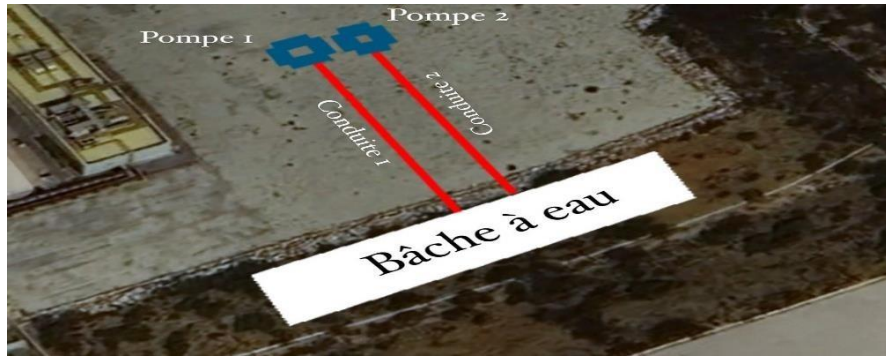


Figure III.1 : Système de remplissage de la bache à eau

- **Différents régimes d'écoulement**

Les régimes d'écoulement d'un fluide se définissent comme les différents modes d'un fluide en mouvement en fonction de : la vitesse et la viscosité, la densité du fluide et les dimensions du conduit ; on distingue trois régimes d'écoulement :

- Écoulement laminaire.
- Écoulement transitoire.
- Écoulement turbulent.

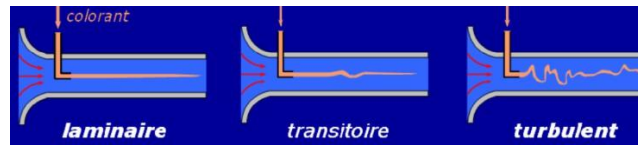


Figure III.2 : Régimes d'écoulement d'un fluide [10]

Calcul de la vitesse d'écoulement d'eau de mer [12] :

$$V = \frac{Q}{s} = \frac{Q}{\pi r^2} = \frac{\frac{100}{3600}}{\pi \left(\frac{0,1}{2}\right)^2} = 3,53 \frac{m}{s} \quad (III.3)$$

Tableau III.2: Calcule Nombre Reynolds [13]

Masse volumique hydraulique de l'eau de mer		$\rho_{\text{eau de mer}} = 1025 \text{ kg/m}^3$
Viscosité dynamique d'eau de mer		$\eta = 1,07 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$
Nombre de Reynolds	ρ : masse volumique du fluide en kg/m^3 V : vitesse du fluide en m/s D : diamètre de la conduite en m η : viscosité dynamique en kg/m.s	$Re = \frac{\rho_h v D}{\eta} = 3,38 \times 10^5$
Re \gg 2500		Régime turbulent

Calcul de pertes de charge linéaires [13] :

$$\Delta P = \frac{\lambda \varphi v^2}{2D} \times l [Pa] \quad (III.4)$$

ΔP : Pertes charge linéaire [Pa]

λ : Coefficient de perte de charge [SU]

φ : Masse volumique de l'eau de mer [kg/m^3]

v : Vitesse d'écoulement [m/s]

D : Diamètre hydraulique du tube [m]

L : Longueur du tube [m]

Calculer λ [14] :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -\log\left(\frac{\varepsilon}{3,7106 \times D} - \frac{5}{Re} \log\left(\frac{\varepsilon}{3,8597 \times D} - \frac{4,795}{Re} \log\left(\left(\frac{\varepsilon}{7,646 \times D}\right)^{0,9685} + \left(\frac{4,9755}{206,2795 + Re}\right)^{0,8759}\right)\right)\right) \quad (III.5)$$

ε : Indice de rugosité du tube [mm], on prend : $\varepsilon = 0,003\text{mm}$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 6,15 \rightarrow \lambda = 0,026$$

$$\Delta P = 8,3 \times 10^4 \text{Pa} = 8,3 \text{ m}$$

2.2.2. La hauteur manométrique

$$h_{mt} = h_{ga} + H_{gr} + \Delta P = 6 + 2 + 8,3 = 16,3\text{m} \quad (III.6)$$

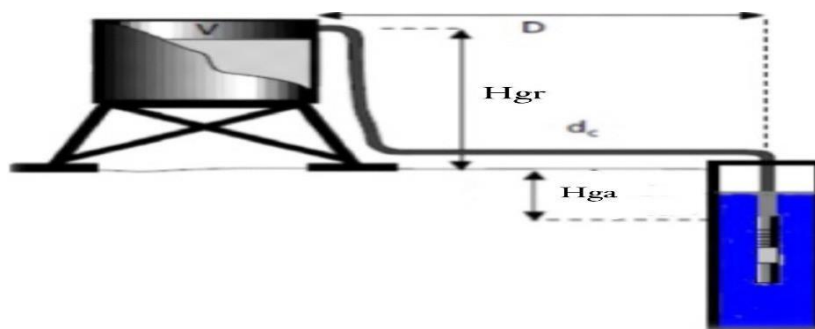


Figure III.3 : Schéma de pompage

2.3. Le choix de la motopompe

2.3.1. La puissance hydraulique [12]

$$p_h = Q_v \times \Delta P \quad (III.7)$$

$$p_h = 2,3\text{kW}$$

Selon le calcul de la puissance hydraulique, nous avons choisis la motopompe 180SX102/1 avec les caractéristiques suivantes :

Tableau III.3 : Caractéristiques de la pompe (Annex 01)

Série	PANELLI
Model	180SX102/1
P_h	7,5 KW
I	16,3A
η	77 %
P_e	11,29kW



Figure III.4: Pompe (Annexe 01)

2.4. Les panneaux photovoltaïques

Nous avons opté pour le panneau solaire monocristallin **MONO-PER TECHNOLOGY M2** de 390 Wc, produit localement par l'usine **Zergoun Green Energy**, implantée à Ouargla, en Algérie.

Tableau III.4 : Caractéristiques du panneau PV (Annex 02)

P_{max}	Wc	390
V_{CO}	V	47.7
V_{mpp}	V	41
I_{CC}	A	10.1
I_{mpp}	A	9.53
Dimensions	mm	1967x992x35

2.5. Onduleur

En raison du fonctionnement de notre pompe en courant alternatif (AC), nous avons besoin d'un onduleur pour convertir le courant continu (DC) produit par les panneaux solaires en courant alternatif (AC) pour alimenter la pompe.

- **Calcul de courant de sortie**

I : Courant nominal de la pompe.

η : Rendement de la pompe.

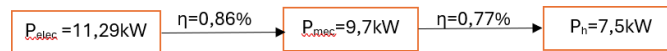


Figure III.5: Bilan de puissance

$$I_{Nmax} = \frac{I}{\eta} = \frac{16,3}{0,86} = 18,95A \quad (III. 8)$$

La condition de choix de l'onduleur : le courant de sortie faut être $\geq 18,95 \text{ A}$

Alors, le meilleur choix est le SUN-25K-SG01HP3-EU-AM2

Le courant de sortie est $36,3A \geq 18,95A$



Figure III.6 : Onduleur SUN-25K-SG01HP3-EU-AM2 (Annexe 03)

- **Calcul de nombre des panneaux [15]**

Nombre de panneaux en série :

$$N_s = \frac{600}{41} = 14,63 = 15 \text{ panneaux en serie} \quad (III. 9)$$

Nombre de panneaux parallèle :

$$N_p = \frac{26}{9,53} = 2,72 = 3 \text{ Chaines de panneaux} \quad (III. 10)$$

Nombre de panneaux total :

$$N_t = 15 \times 3 = 45 \text{ panneaux} \quad (III. 11)$$

- **La compatibilité en tension**

$$N_{smin} = E_{min} \left| \frac{U_{min}}{U_{mpp} \times 0,85} \right| = \left| \frac{150}{41 \times 0,85} \right| = 4 \quad (III. 12)$$

$$N_{smax} = E_{max} \left| \frac{U_{max}}{U_{mpp} \times 1,15} \right| = \left| \frac{850}{41 \times 1,15} \right| = 18 \quad (III. 13)$$

L'onduleur choisie supporte 18 panneaux maximum en série.

- **Vérification**

$$N_s \times V_{co} \times 1,15 = 822,825 V < 1000V \quad (III. 14)$$

2.6. Batterie

Nous avons choisis la batterie : **LBH LIFEP04 battery 6000 cycles - Wall Mount**



Figure III.7: LBH LIFEP04 battery 6000 cycles - Wall Mount (annexe 04)

- Consommation :

$$E_{cons} = P \times t = 22,58 \times 10^3 \times 2 = 45,16kWh \quad (III. 15)$$

- Nombre total de batterie :

$$N_t = \frac{E_{cons}}{E_{batt}} = \frac{45,16}{5,12} = 8,82 \approx 9 \text{ batteries} \quad (III. 16)$$

- La plage de tension de l'onduleur :150-850

Pour rester dans cette plage : $51,2V \times 3 = 153,6 V \rightarrow 3 \text{ batteries en series}$

- Pour que la batterie nous fournit l'énergie nécessaire :

$$3 \times 3 = 9 \text{ batteries} \rightarrow 3 \text{ chaines de batteries en paralleles}$$

La profondeur de décharge : dans notre cas est de 85 % , c'est-à-dire que 85 % de la capacité totale de la batterie est consommée à chaque cycle(6000 cycles).

Le schéma synoptique présenté dans la figure III.8, présente un parc de 9 batteries et 15 panneaux en série et 3 chaines de panneaux en parallèle.

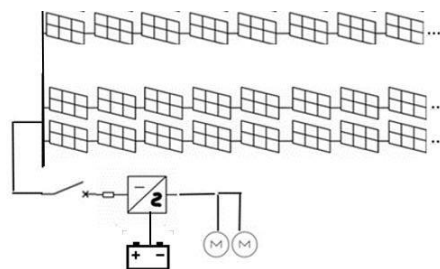


Figure III.8 : Schéma synoptique de système PV

- **Calcul de la distance minimale de l'ombrage**

Pour assurer un fonctionnement optimal des panneaux, il faut calculer la distance ombragée.

Tableau III.5 : Caractéristiques du panneau PV pour l'ombrage

Longueur du panneau	L	1,7m
---------------------	---	------

Inclinaison	β	32°
-------------	---------	-----

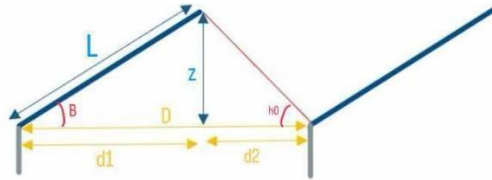


Figure III.9 : La distance minimale de l'ombrage

$$z = L \times \sin\beta = 1,7 \times \sin\beta = 0,91m \quad (III. 17)$$

$$h_0 = \tan^{-1}\left(\frac{z}{d_1}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{0,91}{1,8}\right) = 26,82^\circ \quad (III. 18)$$

$$D = d_1 + d_2 \rightarrow D = \frac{z}{\tan h_0} + \frac{z}{\tan\beta} = 3,25m \quad (III. 19)$$

Calcul de surface :

$$S = L \times l = (3,25 \times 15) \times (3 \times 2) = 292,5m^2 \quad (III. 20)$$

La surface occupée par le champ photovoltaïque est de 520m², alors nous allons choisir le hangar de 650 m² exploité dans la centrale :



Figure III.10: L'emplacement des panneaux PV dans la centrale

2.7. Le câble solaire

Les câbles doivent être dimensionnés en respectant certains critères essentiels :

1. Supporter une tension de 1,15 x la tension de circuit ouvert (isolation).
2. Adapter la capacité du câble au transport du courant DC et AC (section des câbles) et pertes ohmiques dues aux chutes de tension.
3. Utiliser des connecteurs appropriés.

Pour calculer la section du câble [15] :

$$s = \frac{\rho_e \times L \times I}{\varepsilon \times V_A} \quad (III.21)$$

ρ_e : La résistivité du câble [$\Omega.m$], celle-ci dépend du matériau elle est de $1,7 \times 10^{-8}$ [$\Omega.m$] pour un câble en cuivre.

L : La longueur du câble [m]

I : Le courant que traverse le câble [A]

ε : % chute de tension.

V_A : La tension au départ du câble [V]

Tableau III.6 : Les paramètres de dimensionnement du câble PV

ρ_e	$1,7 \times 10^{-8} \Omega.m$
L	137,08 m
I	8,1 A
ε	3%
V_A	31,4 V

Calcul de la section : $s \geq 5,25 \text{ mm}^2$

Alors, nous allons choisir un câble avec une section de $S = 6 \text{ mm}^2$



Figure III.11 : Câble solaire H1Z2Z2K (Annexe 05)

3. Dimensionnement d'un système anti-incendie

Selon la norme EN12845, un système d'extinction automatique de type sprinkler est conçu pour détecter un incendie et l'éteindre avec de l'eau à ses débuts, ou pour le contenir afin que l'extinction puisse être menée à bien par autres moyens, il se compose de : Têtes de sprinkler, Réseau de canalisation, Source d'eau, Pompes, Poste de contrôle.

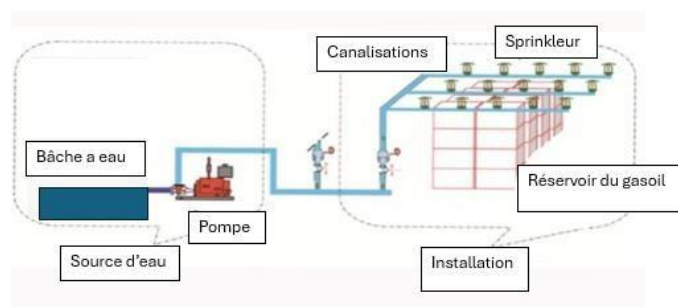


Figure III.12: Système déluge

3.1. La station de pompage SKID

Une station de pompage anti-incendie SKID est une unité préassemblée, montée sur un châssis métallique rigide, qui regroupe généralement une pompe principale (électrique ou diesel), une pompe jockey et un poste de contrôle.

Nous avons effectué le même calcul fait dans la partie précédente (Choix et dimensionnement des composants) pour choisir la pompe électrique qui est de puissance : $P_e = 7$ kw alors nous avons choisis cette station de pompage : **PURITY PEDJ**.

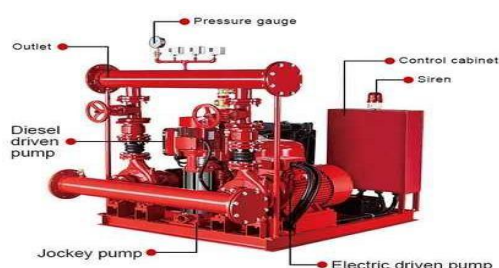


Figure III.13 : Station de pompage (Annexe 06)

3.2. Canalisation

La canalisation d'un système déluge est un élément clé du réseau de protection incendie. Elle sert à acheminer l'eau sous pression depuis la pompe jusqu'aux sprinklers ouverts répartis sur la zone à protéger (dans notre cas un réservoir de gasoil). Elle transporte l'eau uniquement en cas de déclenchement du système.

3.3. Système déluge

Le réseau est équipé de tête de sprinkler ouvert c'est à dire sans fusible ou ampoule, ainsi le déclenchement s'effectue directement sur toute la zone protégée. Pour dimensionner le système déluge pour deux réservoirs de gasoil chacun de 1200 m² :

Norme utilisée : NFPA 15 (déluge pour risques spéciaux), densité d'aspersion : 10,2 L/min/m², débit total nécessaire : 24 480 L/min (204 L/s), pression de service : 6 bars.

Système de déluge : Buses ouvertes (sprinklers non automatiques), Commande par détecteurs de chaleur/flamme, Répartition pour couvrir toute la surface du réservoir.



Figure III.14 : La distribution d'eau des têtes de sprinklers dans un système déluge [16]

4. Conclusion

Dans ce chapitre, il a été possible de dimensionner un système de secours anti-incendie autonome, alimenté par l'énergie solaire. La motopompe, les panneaux photovoltaïques,

l'onduleur, les batteries, les conduites, ainsi que les besoins en eau ont été étudiés puis choisis en fonction des conditions imposées par le site. Ainsi, en cas de coupure électrique, un fonctionnement effectif est garanti, des sprinklers d'extinction ouverts permettent également une protection efficace du réservoir. Enfin, ce travail constitue une première étape vers l'analyse économique qui sera développée au chapitre suivant.

Chapitre IV : Etude économique et résultats obtenus

1. Introduction

Ce chapitre a pour but d'évaluer la faisabilité économique du système anti-incendie, à partir des coûts d'investissement, d'installation et de maintenance, tout en le mettant en perspective avec des solutions classiques telles que le réseau électrique ou le groupe électrogène, afin de savoir si le projet peut être rentable à long terme. Ensuite, nous discutons des résultats techniques obtenus en vérifiant leur cohérence, leurs points forts, leurs limites et leurs préconisations en vue de leur amélioration avant leur mise en œuvre.

2. Etude économique

2.1. Paramètres techniques

- Type de pompe : motopompe immergée
- Puissance hydraulique estimée : 15 kW
- Hauteur manométrique (HMT) : 16,3 m
- Débit estimé : 200 m³/h
- Heures d'ensoleillement : 5 h/jours
- Puissance photovoltaïque installée : 17,55 kWc (45 panneaux de 390 wc)
- Onduleur triphasé de 25 kW puissance nominale.
- Parc de batterie : 46,08 kwh (9 batteries)

2.2. Estimation des coûts d'investissement

Tableau IV.1 : Détail des coûts du système de secours

Équipements	Quantité	Coût unitaire (DA)	Coût total TTC (DA)
Panneaux solaires	45	17 000,00	765 000,00
Onduleur triphasé	1	834 000,00	834 000,00
Motopompe immergée	2	215 500,00	431 000,00
Batterie	9	85 584,00	770 256,00
Câblage (m)	137	850,00	116 450,00
Tuyauterie (matériaux et raccords) (m)	2×50	5 400,00	135 000,00
Sprinklers ouverts	30	5 000,00	150 000,00
Motopompe pour sprinklers	1	300 000,00	300 000,00
Canalisation	1	303 000,00	303 000,00
Bâche à eau (m3)	1000	30 000,00	30 000 000,00
Main-d'œuvre et installation	1	350 000,00	350 000,00
Total du coût T.T.C			34 749 706,00

2.3. Coûts d'exploitation

Tableau IV.2 : Coûts d'exploitation annuels

Poste	Coût annuel (DA)
Maintenance annuelle	15 000,00
Provision remplacement onduleur (10 ans)	20 000,00
Total annuel	30 000,00

2.4. Analyse financière

- Rendement estimé du système : 86 %
- Puissance électrique nécessaire :

$$P_{ele} = \frac{9,7 \times 2}{0,86} = 22,58 \text{ kW} \quad (IV. 1)$$

$$E = 22,85 \times 5 = 114,25 \text{ kWh} \quad (IV. 2)$$

- Sur une année (156 jours de fonctionnement) :

$$E_{an} = 22,58 \times 5 \times 156 = 17823 \text{ kWh} \quad (IV. 3)$$

- Sur 20 ans :

$$E_{20ans} = 17823 \times 20 = 356460 \text{ kWh} \quad (IV. 4)$$

Coûts spécifiques à la solution solaire (hors infrastructure partagée : Panneaux solaires+ Onduleur triphasé+2 motopompes immergées+9 batteries +Câblage (10 m)

Estimation des coûts d'investissement : 3 511 706,00 DA

Coûts d'exploitation : $30\,000 \times 20 = 600\,000,00$ DA

Total: 4 111 706,00 DA

2.1. Comparaison avec solution au gasoil

Consommation annuelle :

$$E_{an} = 22,58 \text{ kW} \times \frac{5 \text{ h}}{\text{jour}} \times \frac{156 \text{ jours}}{\text{an}} = \frac{17823 \text{ kWh}}{\text{an}} \quad (IV. 5)$$

On utilise une valeur standard moyenne : 0,4 litre/kW (moteurs diesel de 20 kW) [17]

$$D_{ans} = 17823 \times 0,4 = 7129,2 \frac{\text{L}}{\text{an}} \quad (IV. 6)$$

Consommation sur 20 ans:

$$C_{20 \text{ ans}} = 7129,2 \times 20 = 142\,584 \text{ litres} \quad (IV. 7)$$

Prix moyen du gasoil : 29,01 DA/l

Coût sur 20 ans :

$$C_{total} = 142\,584 \times 29,01 = 4\,136\,362,00 \text{ DA} \quad (IV.8)$$

3. Analyse du dimensionnement

3.1. Débit et pompes

Le dimensionnement de la bache à eau de 1000 m³ a conduit à un débit requis de 200 m³/h, réparti sur une durée d'ensoleillement estimée à 5 heures par jour. Le choix de mettre en œuvre deux pompes en parallèle, avec un débit unitaire de 100 m³/h, garantit la continuité de service et introduit une redondance essentielle pour une application critique comme la lutte contre l'incendie. Les calculs hydrauliques ont montré un régime d'écoulement turbulent ($Re \approx 338\,000$), ce qui est typique des systèmes de pompage à haute vitesse. La vitesse d'écoulement de 3,53 m/s reste dans une plage acceptable pour éviter les pertes excessives et les phénomènes d'érosion.

3.2. Hauteur manométrique et puissance

La hauteur manométrique totale estimée est de 16,3 m, intégrant les pertes de charge linéaires et les hauteurs géométriques. La puissance hydraulique requise, de l'ordre de 2,3 kW, a été largement couverte par le choix d'une pompe de 7,5 kW avec un rendement de 77 %, assurant un fonctionnement efficace.

3.3. Production photovoltaïque et onduleur

Le choix du panneau monocristallin 390Wc, localement fabriqué, répond à des critères économiques et techniques. L'onduleur sélectionné (25 kW, triphasé, MPPT) offre une marge de sécurité suffisante, avec un courant de sortie de 36,08 A > courant nominal de la pompe (18,95A). Le calcul du nombre de panneaux aboutit à une configuration série de 15 modules, assurant une tension DC de 600 V et une 3 chaîne en parallèle, ce qui simplifie l'installation et réduit les pertes.

3.4. Analyse du dimensionnement des batteries

Le choix s'est porté sur la batterie **LBH LiFePO₄**, d'une capacité nominale de 5,12 kWh et d'une tension de 51,2 V, réputée pour sa longévité d'environ 6000 cycles. La consommation estimée étant de 45,16 kWh, nous avons dimensionné le système à 9 batteries. Pour respecter la plage de tension de l'onduleur (150–850 V), ces batteries sont groupées en 3 séries, elles-mêmes montées en parallèle.

Cette configuration sert plusieurs objectifs clés :

- Elle assure la tension et l'énergie requises pour l'onduleur.

- Elle tire parti des avantages intrinsèques des batteries **LiFePO₄** : longue durée de vie, sécurité thermique, stabilité et efficacité élevée ($\approx 95\%$).
- Elle adopte une architecture modulaire, simplifiant la maintenance, le remplacement et l'évolution future.

3.5. Vérification des contraintes et compatibilité

Tous les paramètres vérifiés (tension, courant, compatibilité onduleur, pertes en ligne, ombrage) montrent que le système est correctement dimensionné. L'analyse de l'ombrage a permis de définir une longueur minimale de la zone, essentielle pour garantir une production photovoltaïque sans interruption. La section de câble déterminée ($\geq 5,25 \text{ mm}^2$) a été sécurisée par le choix d'un câble de 6 mm^2 , assurant une chute de tension $< 3\%$ conformément aux normes en vigueur.

3.6. Résultats de l'étude économique

L'analyse économique du système de charge d'eau avec une motopompe immergée a mis en évidence un coût d'investissement total TTC de 64,7 KDA, essentiellement dû à l'infrastructure de la bache à eau. En exclusif des coûts spécifiques à la solution photovoltaïque (panneaux solaires, onduleur, pompe, batteries, installation), l'estimation des coûts d'investissement atteint 3,5 KDA, alors que les coûts d'exploitation estimés sur 20 ans se montent à 0,06 KDA, soit un coût d'ensemble de 4,1 KDA. En revanche, pour la même durée une solution diesel consisterait dans un approvisionnement d'environ 142 584 litres de carburant. Ce coût de l'approvisionnement en gasoil équivaldrait à plus de 4,13 KDA, à la charge de l'exploitation des moteurs puisque l'on doit aussi considérer un coût d'entretien de départ sans compter l'inflation des prix du gasoil au fil du temps, qui compressent la facture au rythme de la poussée inflationniste. Le photovoltaïque, s'il pouvait apparaître comme une charge financière au début, apparaît dès lors comme un avantage non seulement économique sur 20 ans, pour une exploitation qui s'annonce plus durable.

4. Conclusion

Les résultats obtenus confirment la faisabilité technique du système proposé. Le dimensionnement est cohérent, les choix matériels sont adaptés et les performances attendues répondent aux exigences du cahier des charges. Le système est capable de fonctionner de manière autonome, en assurant un débit suffisant pour alimenter un réseau de secours incendie, tout en s'appuyant sur une source d'énergie renouvelable, durable et propre.

Conclusion générale

Cette étude sert à résoudre la problématique de corrosion qui existe dans la centrale électrique Koudiet Eddraouche dans leur système de secours anti incendie, les conduites sont endommagées par la corrosion à cause du milieu marin, alors les vannes ne fonctionnent pas convenablement ce qui bloque le système de secours anti-incendie. Nous avons proposé une conduite en béton armé et une solution photovoltaïque innovante, garantissant un système autonome, fiable et moins exposé aux effets destructeurs de la corrosion, et de l'autonomie du système de secours anti-incendie de la centrale de Koudiet Eddraouech en substituant partiellement les groupes diesel par une solution photovoltaïque, avec pour objectifs initiaux d'assurer un débit et une pression instantanés conformes aux normes internationales, de quantifier la rentabilité économique à long terme et de proposer un schéma opératoire complet, pour ce faire nous avons dimensionné le champ solaire, l'onduleur, les motopompes immergées, les batteries pour assurer l'autonomie du système au cas d'anomalies et la bache tampon en calculant les pertes de charge, la section du câble solaire, et réalisé une analyse économique comparant l'estimation des coûts d'investissement et coûts d'exploitation solaires à ceux d'une installation diesel, les résultats démontrent la faisabilité technique, la conformité aux exigences NFPA/IEC, une réduction majeure de l'empreinte carbone et une économie de plusieurs millions de DZD, malgré la dépendance à l'irradiation.

Cette étude a donc confirmé la validité, le bon dimensionnement et la robustesse d'un système de secours anti-incendie autonome, mobile et fonctionnant à l'énergie photovoltaïque. Les travaux effectués sur l'analyse des pertes de charge et du régime d'écoulement permettent de démontrer la validité hydraulique du dispositif même en conditions de fonctionnement prolongées.

Sur le volet économique, le coût initial d'investissement, bien que plus élevé, est compensé par des coûts d'exploitation faibles et maîtrisés à long terme. En comparaison avec une version diesel, la solution solaire permet non seulement des économies substantielles sur la totalité de la durée de vie (jusqu'à 20 ans), mais aussi une meilleure prévisibilité budgétaire, en limitant l'exposition aux hausses du prix du combustible et à l'accroissement de la fréquence des maintenances.

Sur le plan environnemental et stratégique, le recours au photovoltaïque renforce l'indépendance énergétique de la centrale et réduit significativement son empreinte carbone, garantissant ainsi une transition vers une source propre tout en améliorant la résilience du site face aux interruptions réseau et aux événements climatiques extrêmes. Par ailleurs, la modularité de la solution ouvre la voie à de futures évolutions : intégration de batteries,

systèmes de stockage d'eau secondaires ou extension du champ PV, pour une autonomie maximale quelles que soient les conditions météorologiques.

Enfin, ces éléments considérés, l'énergie solaire apparaît plus que jamais comme un levier efficace pour satisfaire aux exigences de durabilité des installations industrielles, concurrencer les solutions traditionnelles (générateurs diesel, chaudières) et optimiser la performance globale, tout en assurant la sécurité incendie et la maîtrise des coûts d'exploitation et de maintenance. Nous recommandons de déployer une supervision SCADA pour la maintenance prédictive et d'envisager l'extension modulaire du champ PV afin d'accroître encore l'autonomie et la résilience du dispositif, aussi l'intégration de nouvelles technologies et simplifierait la maintenance. Enfin, renforcer la coordination entre la recherche et l'industrie, et encourager la recherche appliquée sur le recyclage, les matériaux innovants et les systèmes de refroidissement permettrait d'exploiter pleinement le potentiel solaire national et d'assurer la résilience du dispositif face aux défis futurs.

Références

- [1] : Centre de Développement des Énergies Renouvelables (CDER). (2019, 6 octobre). [En ligne] Disponible sur : <https://portail.cder.dz/2019/10/06/lalgerie-sengage-a-reduire-de-22-les-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-a-lhorizon-2030>
- [2] : National Fire Protection Association. (2005). NFPA 111 – Standard on Stored Electrical Energy Emergency and Standby Power Systems. [PDF] Disponible sur : <https://atapars.com/wp-content/uploads/2021/01/atapars.com-NFPA-111-2005.pdf>
- [3] : Algérie360. (S.d.). Électricité : la centrale de Koudiet Eddraouch à El Tarf fonctionnera à plein régime dès fin février. Disponible sur : <https://www.algerie360.com/electricite-la-centrale-de-koudiet-eddraouch-a-el-tarf-fonctionnera-a-plein-regime-des-fin-fevrier/>
- [4] : Centrale de Koudiet Ed Draouch (Algérie), Laboratoire ARTELIA, Le Pont-de-Claix, France. Disponible sur : Laboratoire ARTELIA, “Centrale de Koudiet Ed Draouch (Algérie),” annuaire, En ligne : <https://www.laboratoire.arteliagroup.com/annuaire/33834/15110-centrale-de-koudiet-ed-draouch-algerie.htm>
- [5] : Connaissance des Énergies. (S.d.). Solaire photovoltaïque : fiche pédagogique. Disponible sur : <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/solaire-photovoltaique>
- [6] : Solar Impulse 2. (S.d.). Les panneaux photovoltaïques. Disponible sur : <https://lesolarimpulse2.wordpress.com/les-panneaux-photovoltaïques/>
- [7] : La cellule photovoltaïque . Disponible sur : [La cellule photovoltaïque](#)
- [8] : Harrouz, A. et al. (2021). Renewable Energy in Algeria and Challenges, Disponible sur : <https://arxiv.org/abs/2101.07040>
- [9] : Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (UMMTO). (s.d.). Mémoire académique. Disponible sur : <https://dspace.ummo.dz/server/api/core/bitstreams/171fe235-af45-40ab-b58f-10a05efed43a/content>
- [10] : STS Sensors. (2020, 30 juin). Les bases de la mesure de débit. Disponible sur : <https://www.stssensors.com/fr/blog/2020/06/30/basics-of-flow-measurement/#:~:text=Q%20%3D%20V%2Ft%20%3D%20VmA&text=Prenons%20l'exemple%20d'une,se%20r%C3%A9tr%C3%A9cit%20en%20un%20point>
- [11] : TechnologuePro. (S.d.). Chapitre 4 : Dynamique des fluides réels incompressibles. Disponible sur : <https://www.technologuepro.com/cours-mecanique-des-fluides/chapitre-4-dynamique-des-fluides-reels-incompressibles.pdf>
- [12] : Exercice corrigé du Dre.K.SMILI, Pertes de charge.
- [13] : Thermexcel. (s.d.). Calcul des pertes de charge linéaires. Disponible sur : https://www.thermexcel.com/french/ressourc/calcul_perte_de_charge_lineaire.htm
- [14] : Aït Abderrahmane, H., & al. (2012). Hybrid Renewable Energy Systems for Power Generation in Stand-Alone Applications: A Review. International Journal of Hydrogen Energy, 37(9).Disponible sur : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020740312002615>
- [15] : Cours de Dr.B. Rekik.(2023), Chapitre 03 : Dimensionnement d'une centrale PV.
- [16] : Cegelec. (s.d.). Solutions de déluge incendie – Fire Solutions. Disponible sur : <https://www.cegelec.be/fr/que-faisons-nous/fire-solutions-fr/systemes/deluge-fr/>

[17] : P. Silventoinen, *Modélisation et simulation d'un groupe électrogène diesel pour locomotives hybrides*, mémoire de master, Université de technologie de Lappeenranta, Finlande, 2009. [En ligne]. Disponible sur : <https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/77198/dippa.pdf>

Annexes

Annexe 01 : Fiche technique de la motopompe

acciaio inox microfuso - elevato rendimento - casted stainless steel - high efficiency

8"

180 SX102

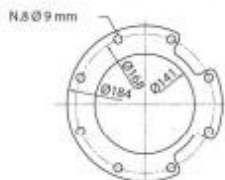
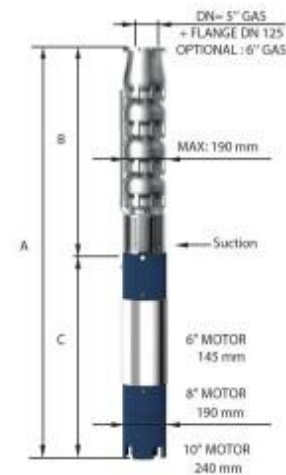


CARATTERISTICHE IDRAULICHE - HYDRAULIC PERFORMANCES Q= Portata - Capacity - Debit 50 Hz n= 2900 min

Tipo Type	Power		H(m)	0	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	
	kW	HP		l/min	l/sec	m ³ /h	28	33	38	43	48	53	58
				0	16,67	20	23,33	26,67	30	33,33	36,67	40	44
180 SX 102 /1	7,50	10	28	23	22	21	20	19	17	15	13	11	
180 SX 102 /2	15	20	55	45	44	42	41	38	35	31	26	22	
180 SX 102 /3	22	30	83	68	65	63	61	57	52	46	38	32	
180 SX 102 /4	30	40	110	90	87	84	82	76	69	62	51	42	
180 SX 102 /5	37	50	138	113	109	106	102	96	87	77	64	52	
180 SX 102 /6	44	60	165	135	131	127	122	115	104	92	77	64	
180 SX 102 /7	55	75	193	158	153	148	143	134	121	108	90	75	
180 SX 102 /8	66	90	220	180	174	169	163	153	138	123	102	84	
180 SX 102 /9	66	90	248	203	196	190	184	172	156	139	115	94	
180 SX 102 /10	76	100	276	225	218	211	204	191	173	154	126	102	
180 SX 102 /11	92	125	303	248	240	232	224	210	190	169	141	114	
180 SX 102 /12	92	125	330	270	262	253	245	229	208	185	154	124	
180 SX 102 /13	110	150	358	293	283	274	265	248	225	200	166	134	
180 SX 102 /14	110	150	385	315	305	295	286	267	242	216	179	144	
180 SX 102 /15	110	150	413	338	327	317	306	287	260	231	192	154	

DIMENSIONI D'INGOMBRO E PESI - OVERALL DIMENSIONS AND WEIGHTS

Type	A mm Tri V 400	B mm	C mm Tri	M Kg Tri	P Kg
180 SX 102/1	1226	525	701	55	19
180 SX 102/2	1581	650	931	75	26
180 SX 102/3	1846	775	1071	92	33
180 SX 102/4	2151	900	1251	108	40
180 SX 102/5	2366	1025	1341	118	47
180 SX 102/6	2273	1150	1123	178	53
180 SX 102/7	2508	1275	1233	200	60
180 SX 102/8	2703	1400	1303	214	67
180 SX 102/9	2828	1525	1303	214	74
180 SX 102/10	3033	1650	1383	230	81
180 SX 102/11	3358	1775	1583	270	87
180 SX 102/12	3483	1900	1583	270	94
180 SX 102/13	3758	2025	1733	300	101
180 SX 102/14	3883	2150	1733	300	108
180 SX 102/15	4008	2275	1733	300	115



n% = Rendimento della pompa
 n% = Rendement de la pompe
 n% = Pump efficiency
 n% = Rendimiento de la bomba

**Max
77%**

kW/st = Assorbimento per stadio
 kW/st = Absorption par étage
 kW/st = Stage absorption
 kW/st = Potencia absorbida por etapa

**Max
7,2**

Annexe 02 : Fiche technique du panneau PV



MONO-PERC TECHNOLOGY
M2 72 CELL
375W-390W POWER RANGE



HIGH RETURN ON INVESTMENT

- Excellent for large scale installations.
- 1500V IEC certified.
- High power reduces installation time and BOS costs.



HIGHER OUTPUT POWER PER SURFACE

- High quality monocrystalline PERC M2 cells.



EXCELLENT WITHSTAND CHALLENGING ENVIRONMENTAL CONDITIONS

- 35mm hail stones at 97 km/h.
- 2400Pa wind load and 5400 Pa snow load.



EXCELLENT DURABILITY RELIABILITY PERFORMANCE

- Excellent PID resistant.
- All modules have to pass electroluminescence inspection.



10 years
product warranty
25 years linear
performance warranty

PRODUCT CERTIFICATES

- IEC 61 215 : 2016
- IEC 61 730 : 2016
- OHSAS 18 001 : 2007

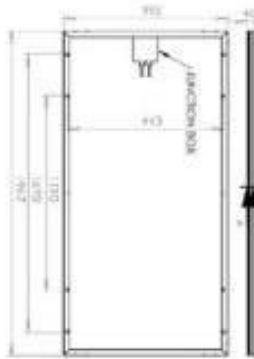


MANAGEMENT CERTIFICATES

- ISO 9 001 :2015
- ISO 14 001 :2015



MECHANICAL SPECIFICATIONS



Module dimension	1967x992x40mm	Back-sheet	
Number of Cells	72	Frame	Aluminum
Weight	23Kg	Junction box	IP67, 3 diodes
Cell type	Perc Monocrystalline 156.75x156.75mm	Cables	4mm ² (1500V)
Front-sheet	3.2mm thickness fully tempered	Connector	QC4.10 (1500V)

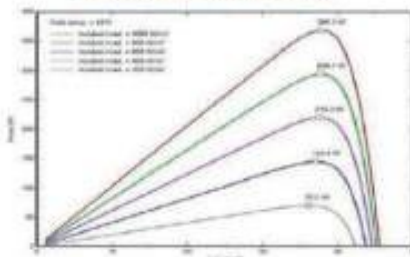
ELECTRICAL CHARACTERISTICS

	375	380	385	390				
STC Air Mass 1.5; Irradiance 1000W/m ² ; cell temperature 25°C	Maximum rated power (P _{max}) (0 ~ +5)	375	380	385	390			
	Maximum power voltage (V _{mp})	40.4	40.6	40.8	41			
	Open circuit voltage (V _{oc})	47.3	47.5	47.6	47.7			
	Maximum power current (I _{mp})	9.3	9.4	9.47	9.53			
	Short circuit (I _{sc})	9.8	9.9	10	10.1			
Module efficiency (%)					19.1	19.2	19.5	19.7
NOCT Air Mass 1.5; Irradiance 800W/m ² ; ambient temperature 20°C	Maximum rated power (P _{max}) (0 ~ +5)	279	283	286	290			
	Maximum power voltage (V _{mp})	37.4	37.7	38	38.2			
	Open circuit voltage (V _{oc})	43.9	44.2	44.4	44.5			
	Maximum power current (I _{mp})	7.5	7.55	7.6	7.7			
	Short circuit (I _{sc})	7.85	7.9	7.95	8			

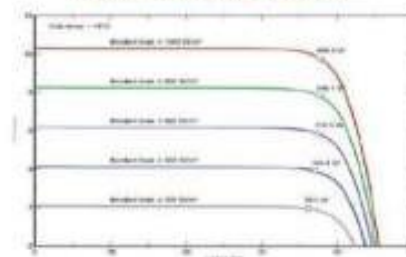
Measuring power tolerance: ±3%



POWER-VOLTAGE CURVE



CURRENT-VOLTAGE CURVE



MAXIMUM RATINGS

Operational temperature	-40 o +85°C
Maximum system voltage	1500 V
Maximum series fuse rating	20 A

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Temperature coefficient of P _{max}	-0.390%/°C
Temperature coefficient of V _{oc}	-0.300%/°C
Temperature coefficient of I _{sc}	0.060%/°C
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C

Annexe 03 : Fiche technique de l'onduleur

Model	SUN-5K-SG01 HP3-EU-AM2	SUN-6K-SG01 HP3-EU-AM2	SUN-8K-SG01 HP3-EU-AM2	SUN-10K-SG01 HP3-EU-AM2	SUN-12K-SG01 HP3-EU-AM2	SUN-15K-SG01 HP3-EU-AM2	SUN-20K-SG01 HP3-EU-AM2	SUN-25K-SG01 HP3-EU-AM2
Battery Input Data								
Battery Type	Lithium-ion							
Battery Voltage Range (V)	160-700							
Max. Charging Current (A)	30			37				50
Max. Discharging Current (A)	30			37				50
Number of Battery Input	1							
Charging Strategy for Li-Ion Battery	Self-adaption to BMS							
PV String Input Data								
Max. DC Input Power (W)	6500	7800	10400	13000	15600	19500	26000	32500
Max. DC Input Voltage (V)	1000							
Start-up Voltage (V)	180							
MPPT Range (V)	150-850							
Full Load DC Voltage Range (V)	195-850	195-850	260-850	325-850	340-850	420-850	500-850	625-850
Rated DC Input Voltage (V)	600							
PV Input Current (A)	20+20				26+20		26+26	
Max. PV I _{sc} (A)	30+30				39+30		39+39	
No. of MPP Trackers	2							
No. of Strings per MPP Tracker	1+1				2+1		2+2	
AC Output Data								
Rated AC Output and UPS Power (W)	5000	6000	8000	10000	12000	15000	20000	25000
Max. AC Output Active Power (W)	5500	6600	8800	11000	13200	16500	22000	27500
AC Output Rated Current (A)	7.6/7.3	9.1/8.7	12.2/11.6	15.2/14.5	18.2/17.4	22.8/21.8	30.4/29	37.9/36.3
Max. AC Output Current (A)	8.4/8	10/9.6	13.4/12.8	16.7/16	20/19.2	25/24	33.4/31.9	41.7/39.9
Max. Three-phase Unbalanced Output Current(A)	13	13	18	22	25	30	35	41.7
Max. Continuous AC Passthrough (A)	40				80			
Peak Power (off grid)	1.5 time of rated power, 10 s							
Generator Input/Smart Load /AC Couple Current (A)	7.6/40/7.6	9.1/40/9.1	12.2/40/12.2	15.2/40/15.2	18.2/80/18.2	22.8/80/22.8	30.4/80/30.4	37.9/80/37.9
Power Factor	0.8 leading to 0.8 lagging							
Output Frequency and Voltage	50/60Hz; 3L/N/PE 220/380, 230/400Vac							
Grid Type	Three Phase							
Total Harmonics Current Distortion (THD)	<3% (of nominal power)							
DC Current Injection	<0.5% I _n							
Efficiency								
Max. Efficiency	97.60%							
Euro Efficiency	97.00%							
MPPT Efficiency	99.90%							
Protection								
Integrated	Anti-Islanding Protection, PV String Input Reverse Polarity Protection, Insulation Resistor Detection, Residual Current Monitoring Unit, Output Over Current Protection, Output Shorted Protection, Surge Protection, Arc Fault Circuit Interruption (AFCI optional)							
Over Voltage Category	DC Type II/AC Type III							
Certifications and Standards								
Grid Regulation	IEC 61727, IEC 62116, CEI 0-21, EN 50549, NRS 097, RD 140, UNE 217002, OVE-Richtlinie R25, G99, VDE-AR-N 4105							
Safety EMC / Standard	IEC/EN 61000-6-1/2/3/4, IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2							
General Data								
Operating Temperature Range (°C)	-40 to +60() , >+45() Derating							
Cooling	Free Cooling	Smart Cooling						
Noise (dB)	≤55 dB							
Communication with BMS	CAN							
Weight (kg)	30.5							
Cabinet Size (WxHxD mm)	408x638x237 (Excluding Connectors and Brackets)							
Protection Degree	IP65							
Installation Style	Wall-mounted							
Warranty	5 Years (10 Years Optional)							

Annexe 04 : Fiche technique de la batterie

Technical Parameter

MODEL	LBH 51.2V/50Ah	LBH 51.2V/80Ah	LBH 51.2V/100Ah	LBH 51.2V/120Ah	LBH 51.2V/150Ah	LBH 51.2V/200Ah
Rate voltage(Vdc)	512	512	512	512	512	512
Rate capacity(AH)	50	80	100	120	150	200
Energy storage(KWH)	2.56	4.096	5.12	6.144	7.68	10.24
Cycle life	≥6000 cycles to 85% DOD					
Months self discharge	≤2%					
Efficiency of charge	100% at 0.2C					
Efficiency of discharge	96-99% at 1C					
Standard Charge						
Charge voltage	58.4					
Charge mode	0.2C to 58.4V, then 58.4V, charge current to 0.02C (CC/CV)					
Charge current(A)	10	16	20	24	30	40
Max. Charge current(A)	50	80	100	120	120	200
Charge cut-off voltage(VDC)	58.4					
Standard Discharge						
Continuous current(A)	50	80	100	120	120	200
Discharge cut-off voltage(VDC)	44.8					
Environmental						
Charge temperature	0°C to 45 °C (32F to 113F) @60±25% Relative Humidity					
Discharge temperature	-20 °C to 60°C (-4F to 140F) @60±25% Relative Humidity					
Storage temperature	0°C to 40 °C (32F to 104F) @60±25% Relative Humidity					
Mechanical						
IP Class	IP60					
Material system	LiFePO4					
Case material	Metal					
Case Type	Rack / Wall Mount					
Pack Dimensions L*W*H(mm)	525*390*150	540*220*185	525*485*170	470*390*150	680*545*150	590*375*245
Package Dimension L*W*H(mm)	610*485*250	690*300*260	600*485*255	575*490*255	760*625*240	685*470*350
Net Weight(kg)	39.5	40	43.4	46	72	82
Gross Weight(kg)	41.5	42.6	45.9	48.5	75	85
Terminal	M8					
Protocol (Optional)	CANBus/RS485/RS232					
SOC (Optional)	LED/LCD					
The quality assurance period	60 Months					

Annexe 05 : Fiche technique du câble solaire

INFORMATION PRODUIT

H1Z2Z2-K, version optimisée

Câble solaire réticulé H1Z2Z2-K/EN 50618, testé par UL sur la résistance aux chocs et à l'écrasement, AD8, Dca

H1Z2Z2-K - câble photovoltaïque (PV)/solaire réticulé selon EN 50618, résistant aux UV et à l'ozone, test de résistance à l'écrasement et aux impacts UL 854 pour pose enterrée, CPR Dca, AD8

Info

AD8 - Immersion permanente :

Tested Burial in Ground

Classifiés Dca selon CPR (BauPVO en ALL)



-  Génie mécanique et industriel
-  Energie solaire
-  Conçu pour une utilisation en extérieur
-  Bonne résistance chimique
-  Non-propagateur de la flamme
-  Sans halogène
-  Résistant à la chaleur
-  Résistant aux basses températures

H1Z2Z2-K, version optimisée

-  Résistance à la corrosion
-  Résistance mécanique
-  Faible poids
-  Robuste
-  Résistant aux acides
-  Tension
-  Résistance aux intempéries
-  Résistance aux UV
-  Étanche à l'eau
-  Différentes homologations
-  Non-propagation de la flamme et réduction des fumées toxiques en cas d'incendie
-  Protection contre les court-circuits et les défauts de terre
-  Conformément à la norme EN 50618/VDE 0283-618 également pour la pose dans des tuyaux, des conduits

Avantages

Pour applications en extérieur

Robust against mechanical impacts, Burial in professionally made cable trench inside or without protection system

Non-propagation de la flamme et réduction des fumées toxiques en cas d'incendie

Dans l'UE, grâce à la classification Dca sur le lieu d'exploitation, en accord avec de nombreux types de bâtiments selon la mise en œuvre locale et légale du règlement européen sur les produits de construction (UE) n° 305/2011 [RPC - Règlement sur les produits de construction]

Durée de vie escomptée de 25 ans dans des conditions d'utilisation normales, comme spécifié dans EN 50618/ VDE 0283-618

Applications

Pour le câblage libre et statique ou suspendu en intérieur ou en extérieur de modules solaires ou de raccordements des séries de modules avec l'onduleur, par ex. selon les normes pour installations photovoltaïques telles que HD 60364-7-712 ou VDE 0100-712 et selon les normes pour câbles solaires telles que EN 50618/ VDE 0283-618 pour type de câble harmonisé H1Z2Z2-K, etc. ; protection contre les court-circuits et les défauts de terre selon l'annexe A de EN 50618/ VDE 0283-618 ainsi que selon HD 60364-5-52

Conformément à l'annexe A de la norme EN 50618/VDE 0283-618 également pour la pose dans des tuyaux, des conduits





Annexe 06 : Fiche technique de la station de pompage



Fire Electric and Diesel Pumps and Jockey Fighting Pump Set Price list from PURITY Pu

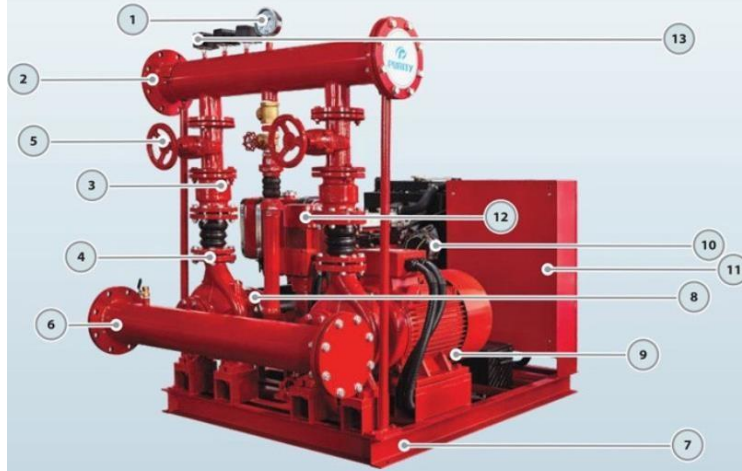
TECHNICAL DESCRIPTION

- * Flow 50GPM--5000GPM
- * Head/Pressure 5-17bar (50-170m)
- * Switch Automatically among the three pumps
- * Both Manual and Automatic operation is available
- * Can work when the power is off
- * Customized size and pump group
- * YE3 high efficient motor with protection IP55 class F
- * Pump case with Anti-corrosive coating
- * With NSK bearings, wear resistance mechanical seal
- * Different Mounting Styles, Easy Installation
- * ISO 9001 Manufacturing Facility

		MOTOR	DIESEL	JOCKEY	
GPM	BAR				
50	6	-	178-5.5HP	PV 4×9/2HP	PV 4×6/2HP
80		YE3-132S2-2-7.5kw	186-8.6HP	PV 6×11/3HP	PV 4×6/2HP



PURITY Structure



- 1.Pressure Gauge 2.Discharge Pipe 3.Check Valve 4.Flexible Joint 5.Gate Valve
6.Suction Pipe 7. Base Frame 8.Pump for Diesel Engine 9.Electric Pump
10.Diesel Engine 11.Control Cabinet 12.Jockey Pump 13.Pressure Switch