

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
CENTRE UNIVERSITAIRE SALHI AHMED– NAAMA



INSTITUT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES
DÉPARTEMENT DE TECHNOLOGIE

MÉMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de **Master** en :

Électrotechnique

Option : Énergie renouvelable en Électrotechnique

Intitulé :

**OPTIMISATION ET DIMENSIONNEMENT D'UNE CENTRALE HYBRIDE (SOLAIRE-
HYDROELECTRIQUE -DIESEL) POUR ALIMENTATION D'UNE ZONE PASTORALE
DANS LA REGION DE NAAMA (ALGERIE)**

Présenté par :

- ZELLATI Wafaa
- HAMZAOUI Karima
- BEGHNI Amel

Soutenu le : 24/06/2021 devant le Jury :

<i>M. BRAHIMI Mohamed</i>	<i>MCB</i>	<i>Centre Universitaire Naâma</i>	<i>Président</i>
<i>Mme. REKKAL Kahina</i>	<i>MAB</i>	<i>Centre Universitaire Naâma</i>	<i>Encadreur</i>
<i>M. MAAMRI Mokhtar</i>	<i>Dr</i>	<i>Centre Universitaire Naâma</i>	<i>Co-Encadreur</i>
<i>M. BEN OTHMENE Nouredine</i>	<i>MAB</i>	<i>Centre Universitaire Naâma</i>	<i>Examineur</i>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ
وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ ﴾

« المجادلة الآية 11 »

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمُ





Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Allah, et tous ceux qui nous ont donné la force et la patience pour accomplir cette tâche modeste. A la fin de ce travail, nous remercions sincèrement l'encadreuse Mme K. Rekkal pour ses remarques, ses conseils considérables et ces critiques constructives.

Nous remercions également tous les membres du jury qui nous ont fait l'honneur en acceptant d'examiner ce travail. Nous remercions tous les enseignants qui ont encadré durant notre cursus universitaire.

Enfin que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouve ici l'expression de nos sincères remerciements.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mon père le symbole d'espoir

A ma mère le symbole de tendresse

A mon frère Badro et mes sœurs Faiza , Bouchra ,Nour et mon amie Hadil pour leur encouragement

À mes amies et mes binômes: Karima et Amel qui ont été avec moi dans la prospérité et l'adversité

A tous ceux qui m'ont encouragé pour arriver jusqu'ici.

A tous mes proches.

A tous ce que j'aime. Cette thèse leur est dédiée.

 *Wafaa Zellati* 

Dédicaces

Avec ma profonde gratitude et grand amour, je dédie ce modeste travail:

À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études

À ma très chère sœur: wafaa, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral

À mes frères Mohammed, Ayoub, Yacine, Abd elsamad

À toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire

À mes amies et mes binômes: wafaa et Amel.

 *Hamzaoui Karima* 

Dédicaces

Je dédie ce travail :

À ma très chère mère, qui n'a jamais cessé de prier pour moi.

À mon père : qui a travaillé pour mon succès, avec son amour, son soutien, son sacrifice et sa direction, et pour toute son aide et sa présence dans ma vie, reçoit à travers cette humble œuvre l'expression de mes sentiments et de ma gratitude éternelle.

À mes très chers frères (Hadjer, Bakhta, Slimane)

À toute ma grande famille : Beghni

À mes amies et mes binômes: Karima et wafaa qui ont été avec moi dans la prospérité et l'adversité

 *Beghni Amel* 

Résumé

L'accès à l'énergie électrique est indispensable au développement industriel et socio-économique dans tous les pays du monde. En Algérie, la question du déficit en électricité demeure très préoccupante, et se pose fortement dans les zones pastorales du pays. Par ailleurs, l'Algérie dispose d'un potentiel intéressant en photovoltaïque (PV) et en hydroélectrique, mais qui reste globalement sous-exploité.

Ce travail porte sur le dimensionnement optimal d'un système hybride pompe-PV/diesel pour une alimentation d'une zone pastorale isolée dans la région de Nâama (Algérie).

Les résultats sont réalisés à l'aide du logiciel PVsyst et Homer dont le premier s'agit d'une étude d'une installation de pompage photovoltaïque pour les exploitations pastoralisme et le deuxième concernent une étude économique comparative entre les deux techniques de pompage d'eau à savoir pompage à l'aide de énergie solaire photovoltaïque et pompage par groupe électrogène.

Mots clés : Système hybride Pompe-PV-diesel, Module photovoltaïque, Forages; Réservoirs, PV-syst. Homer.

Abstract

Access to electric power is essential for industrial and socio-economic development in all countries of the world. In Algeria, the question of the electricity deficit remains very worrying, and arises strongly in the pastoral areas of the country. In addition, Algeria has interesting potential in photovoltaic (PV) and hydroelectricity, but which remains generally under-exploited.

This work focuses on the optimal sizing of a hybrid pump-PV / diesel system for supplying an isolated pastoral area in the Nâama region (Algeria).

The results are carried out using PVsyst and Homer software, the first of which is a study of a photovoltaic pumping installation for pastoralism farms and the second concerns a comparative economic study between the two pumping techniques. Water namely pumping using photovoltaic solar energy and pumping by generator.

Keywords: Pump-PV-diesel hybrid system, Photovoltaic module, Boreholes, Reservoirs, Pv-syst, Homer.

ملخص

يعد الحصول على الطاقة الكهربائية أمرًا ضروريًا للتنمية الصناعية والاجتماعية والاقتصادية في جميع دول العالم. في الجزائر ، تظل مسألة عجز الكهرباء مقلقة للغاية ، وتبرز بقوة في المناطق الريفية من البلاد. بالإضافة إلى ذلك ، تتمتع الجزائر بإمكانيات مثيرة للاهتمام في مجال الطاقة الكهروضوئية والطاقة الكهرومائية ، ولكنها لا تزال غير مستغلة بشكل عام.

يركز هذا العمل على الحجم الأمثل لنظام هجين للمضخة الكهروضوئية / الديزل لتزويد منطقة ريفية معزولة في منطقة النعامة (الجزائر).

تم تنفيذ النتائج باستخدام برنامجي PVsyst و Homer ، أولهما دراسة تركيب الضخ الكهروضوئي لمزارع الرعي ، والثاني يتعلق بدراسة اقتصادية مقارنة بين تقنيتي الضخ. المياه أي الضخ باستخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية والضخ بواسطة مولد كهرباء.

الكلمات المفتاحية : نظام هجين مضخة- PV- ديزل وحدة كهروضوئية, حفر الآبار, الخزانات , Pv-syst , Homer.

Sommaire

Chapitre I : Introduction sur les sources d'énergies renouvelables pour les exploitations pastorales

<i>Liste des figures</i>	<i>i</i>
<i>Liste des Tableaux</i>	<i>iii</i>
<i>Liste des symboles</i>	<i>iv</i>
<i>Liste Des Abréviations</i>	<i>vi</i>
INTRODUCTION GENERALE.....	1
I.1 Introduction.....	2
I.2 Définition des énergies renouvelables.....	2
I.3 Différents types d'énergie renouvelable.....	3
I.3.1 Énergie de la biomasse.....	3
I.3.2 Énergie géothermique	4
I.3.3 L'énergie solaire	4
I.3.4 Énergie hydraulique	5
I.3.5 Énergie éolienne	6
I.4. Potentiel solaire en Algérie.....	6
I.4.1 Représentation graphique des fractions d'insolation	7
I.5 Présentation de la région d'étude pastorale (Wilaya de Nâama)	8
I.5.1 Organisation administrative	8
I.5.2 Situation géographique.....	8
I.5.3 Agriculture et pastoralisme	10
I.5.4 Spécificités de la wilaya de Naâma	12
I.5.5 Climat de la wilaya de Nâama	12
I.5.6 Etude statistique du potentiel solaire dans la région de Naâma	13
I.5.7 Potentialités hydrauliques dans la région de Nâama.....	14
I.5.7.1 La variable proximité d'une ressource en eau	16
I.5.7.2 Situation des ressources mobilisées.....	17
I.6 Conclusion	23
Chapitre II : Dimensionnement du système hybride pour les exploitations pastorales	
II.1 Introduction	24
II.2 Le système hybride	24

II.2.1 Systèmes hybrides de production d'électricité	26
II.2.2 Configurations des systèmes hybrides PV/Diesel avec stockage d'énergie	26
II .2 .2.1 Avantage et inconvénients des configurations de systèmes hybrides PV/Diesel	28
II.2 .3 Les différents types de systèmes PV-hybride	29
II.2.3.1 Système hybride Pompe-PV/DIESEL avec stockage	29
II.2.3.2 Système hybride Pompe-PV/diesel sans stockage	29
II.3. Dimensionnement complet de l'installation étudié.....	30
II.3.1 Site d'implantation	30
II.3.2 Étude de cas réel pour le site de Sfisifa	31
II.3.2.1 Estimation des besoins en eau	31
II .3.2.2 Rayonnement solaire	31
II.4 Dimensionnement du système étudié.....	32
II.4.1 Etude énergétique (PV/pompe)	32
II.4.1.1 Choix de la pompe	33
II.4.1.2 L'énergie électrique.....	35
II.4.1.3 Puissance crête	35
II.4.1.4 La capacité du réservoir.....	36
II.4.1.5 Nombre de module	36
II.4.1.6 Application numérique	37
II.4.2 Étude économique	40
II .4.2.1 Calcul de l'investissement total	40
II.4.2.2 Calcul des coûts sur la durée de vie (life cycle cost)	41
II.5 Conclusion.....	42

Chapitre III: Etude expérimentale

III.1 Introduction	43
III.2 Présentation d'un puits solaire	43
III.3 Les composants de la station de pompage solaire autonome	44
III.3.1 Présentation de panneau photovoltaïque	44
III.3.2 Armoire technique.....	46
III.3.3 Cuve de réserve d'eau équipée d'un robinet d'évacuation de l'eau.....	47
III.3.4 Pompe de surface solaire	47
III.4 Schéma simplifié de câblage du SOLPUIT.....	48

III.4.1 Rôles de chaque composant	48
III.4.1.1 Rôle en particulier du régulateur de charge.....	49
III.5 Les appareils de mesure	49
III.6 Le système solar module analyzer	51
III.7 Description de la procédure expérimentale	52
III.8 Résultats expérimentaux	53
III.9 Conclusion.....	55

Chapitre IV: Application et résultats « impacts énergétique et économique »

IV.1 Introduction.....	56
IV.2 Simulation par PVsyst	56
IV.2.1 Présentation de PVsyst	56
IV.2.2 La conception préliminaire	56
IV.2.3 Conception du projet	56
IV.2.4 Présentation de projet	57
IV.2.5 Données géographiques de site.....	58
IV.2.6 Données météorologiques	59
IV.2.7 Les étapes de conception d'un système de pompage photovoltaïque.....	60
A.1 Profil de l'horizon	60
A.2 Orientation des modules PV.....	61
A.3 Définition des besoins de l'utilisateur	61
A.4 Définition de la pompe étudiée.....	63
A.5 Le type de module PV pour l'application similaire.....	64
IV.2.8 L'exécution de la simulation	65
IV.2 .9 Les résultats principaux	65
IV.2 .9.1 Evaluation de la production normalisée.....	65
IV.2 .9.2 Performance ration.....	66
IV.2 .9.3 Bilan énergétique	67
IV .2.10 Diagramme des pertes sur l'année entier.....	68
IV .2.11 Diagramme journalier entrée/Sortie	69
IV.3 Simulation par logiciel HOMER.....	70
IV.3.1 Présentation du logiciel Homer.....	70
IV.3.2 Ressource solaire.....	71
IV.3.3 Ressource éolienne.....	72

IV.3.4 Ressource de température.....	73
IV.3.5 Présentation de lieu et de système.....	74
IV.3.6 Coûts des composants champs PV/onduleurs /générateurs Diesel	75
IV.3.7 Analyses de sensibilité	77
IV.3.8 Énergie produite électrique moyenne mensuelle	79
IV.3.9 Les schémas proposés pour le système hybride étudié	80
IV.4 Conclusion	81
CONCLUSION GENERALE.....	82
<i>Références Bibliographiques</i>	84
<i>**Annexes**</i>	

Liste des figures

Chapitre I

Figure I. 1 : Les énergies renouvelables.	2
Figure I. 2: Structure de la production électrique d'origine renouvelable.	3
Figure I. 3: Énergie de la biomasse.	4
Figure I. 4 : Énergie géothermique.	4
Figure I. 5 : Énergie solaire.	5
Figure I. 6: Énergie hydraulique.	5
Figure I. 7 : Principe de la conversion d'énergie.	6
Figure I. 8 : Irradiation globale journalière reçue sur plan horizontal aux mois de Juillet et Décembre.	7
Figure I. 9: Situation géographique de la région Hydrographique OCC.	8
Figure I. 10: Présentation des bassins versants de la région d'étude.	9
Figure I. 11 : Wilayas intégrées dans la région hydrographique de l'Oranie – Chott Chergui.	10
Figure I. 12 : Nombre des éleveurs dans les 4 stations d'étude.	11
Figure I. 13 : Situation générale de l'aire protégée d'Aïn Benkhellil (4ème Atlas des zones ...	13
Figure I. 14 : Développement et ressources en eau dans les villages enquêtés	18
Figure I. 15 : Carte schématique des périmètres et ressources en eau à travers la wilaya de Naâma.	19
Figure I. 16 : Répartition des forages par commune au 31/12/2018.	20
Figure I.17 : Répartition des puits par commune au 31/12/2018.	22
Figure I.18 : Répartition des Energies renouvelables dans la wilaya de Naâma	23

Chapitre II

Figure II. 1: Schéma général du système d'énergie hybride.	25
Figure II. 2: Les différentes configurations de systèmes hybrides PV/Diesel.	27
Figure II. 3 : Schéma de principe du système Pompe-PV/DIESEL avec stockage.	29
Figure II. 4: Schéma du bilan énergétique du système PV/diesel sans stockage.	30
Figure II. 5 : Localisation de la commune dans la wilaya de Nâama.	31
Figure II. 6: Rayonnement solaire globale des régions du sud de l'Algérie.	32
Figure II. 7: Données de base d'une pompe.	34
Figure II. 8: Courbe typique des performances d'une pompe en conditions d'utilisation.	35
Figure II. 9 : Schéma du principe de pompage au fil du soleil.	36
Figure II. 10: Pompe immergée.	38

Chapitre III

Figure III. 1: Schéma de câblage du SOLPUITS.	43
Figure III. 2: Les composants de la station de pompage solaire autonome.	44
Figure III. 3: Générateur photovoltaïque JW-G1950/JW5672.	45
Figure III. 4: Rapporteur d'angle d'inclinaison.	46
Figure III. 5: Armoire technique.	46
Figure III. 6: Les composantes intérieures de l'armoire.	47
Figure III. 7 : Pompe de surface solaire.	47

Figure III. 8: Schéma simplifié de câblage du SOLPUIT.....	48
Figure III. 9: Régulateur de charge.	49
Figure III. 10 : Les Appareils de mesure utilisée.	50
Figure III. 11: PV logiciel (Solar module analyzer-6A).....	51
Figure III. 12: Les courbes du système Solar module analyzer étudiée.	52
Figure III. 13: Inclinaisons du panneau solaire.	52
Figure III. 14: Le rendement en fonction de l'angle d'inclinaison.	54
Figure III. 15: Le rayonnement en fonction de l'angle d'inclinaison.....	55

Chapitre IV

Figure IV. 1: Menu principal de logiciel PVsyst.	57
Figure IV. 2: Carte interactive de la zone étudiée.....	58
Figure IV. 3: Coordonnées géographiques de la zone étudiée.....	59
Figure IV. 4 : Météo mensuelle de la zone étudiée.	59
Figure IV. 5: Trajectoire du soleil à Sfisifa.....	60
Figure IV. 6: Orientation des panneaux.....	61
Figure IV. 7: Définir le circuit hydraulique et pompage.	62
Figure IV. 8: Définir les besoins d'eau.....	63
Figure IV. 9: Définition de la pompe étudiée.	63
Figure IV. 10 : Conception du sous-champ PV.	64
Figure IV. 11: Lancer la simulation.	65
Figure IV. 12: Les productions normalisées.	66
Figure IV. 13: Indice de performance.	66
Figure IV. 14: Diagramme des pertes sur l'année entier.	68
Figure IV. 15: Diagramme journalier Entrée/Sortie.....	69
Figure IV. 16 : Efficacité de système 27%.	69
Figure IV. 17: Efficacité de système 95.2%.	70
Figure IV. 18 : Bibliothèque de Homer.....	71
Figure IV. 19: Interface HOMER.	71
Figure IV. 20: Irradiance et indice de clarté du site étudié 'extrait de HOMER'.	72
Figure IV. 21: Profil de la vitesse du vent (m/s) extrait de HOMER.....	73
Figure IV. 22: Profil de température journalier extrait de HOMER.	73
Figure IV. 23: Le modèle technico-économique étudié.	74
Figure IV. 24 : Le site de Sfisifa wilaya de Naama.	74
Figure IV. 25: réservoirs d'eau.	75
Figure IV. 26 : Groupe électrogène 5 KVA.....	75
Figure IV. 27: Coûts du champ PV.	76
Figure IV. 28: Profil de charge (pompe) extrait d'Homer.	76
Figure IV. 29 : Coûts du groupe électrogène.	77
Figure IV. 30 : Coût en fonction des composants du système.	78
Figure IV. 31 : Énergie produite électrique moyenne mensuelle.....	79
Figure IV. 32 : Les émissions de CO2 émises sur tout le cycle de vie.	79
Figure IV. 33: les schémas proposés pour le système hybride étudié.....	80

Liste des Tableaux

Chapitre I

Tableau I. 1: Potentiel solaire en Algérie .	7
Tableau I. 2 : Eléments administratifs de la région hydrographique Oranie Chott Chergui .	9
Tableau I. 3 : Températures moyennes à 10 mois de l'an 2018	14
Tableau I. 4 : Potentialités hydrauliques dans la région de Naâma	15
Tableau I. 5 : Les ressources d’approvisionnement en eau de la wilaya de Nâama .	17
Tableau I. 6 : Situation des ressources mobilisées au 31/12/2018	17
Tableau I. 7 : Répartition des forages (exploités et non exploités) par commune au 31/12/2018	20
Tableau I. 8 : Répartition des puits par commune au 31/12/2018	21
Tableau I. 9 : Répartition des sources par commune au 31/12/2018	22

Chapitre II

Tableau II. 1: avantage et inconvénients des configurations	28
Tableau II. 2 : Démographie et géographie de Sfissifa .	30
Tableau II. 3 : Irradiation solaire sue le site de Nâama.	32
Tableau II. 4: Tension du champ en fonction de sa puissance crête.	37
Tableau II. 5: Caractéristiques de la pompe immergée.	38
Tableau II. 6 : Caractéristiques techniques du panneau photovoltaïque installé	40
Tableau II. 7 : L’investissement total de l’installation.	40
Tableau II. 8 : Les estimations des durées de vie des composants.	41
Tableau II. 9 : Coût d’entretien total.	41

Chapitre III

Tableau III. 1: Caractéristiques de module solaire JW-G1950/JW5672.	45
Tableau III. 2: Les différentes valeurs du rendement en fonction de l’angle d’inclinaison le jeudi 20.05.2021.	53
Tableau III. 3 : Les différentes valeurs du rendement en fonction de l’angle d’inclinaison le dimanche 16.05.2021.	54

Chapitre IV

Tableau IV. 1: Bilan énergétique.	67
-----------------------------------	----

Liste des symboles

B1/B2 :	Batteries
F1 à F7 :	Fusible
Hg :	Hauteur géométrique entre la nappe d'eau pompée et le plan d'utilisation (m)
Lc :	Perte de collection.
Ls :	Perte de système.
Lu :	Énergie inutilisée
Ns :	Le nombre de modules en série
Ns :	Niveau statique
P :	Parafoudre
Pc :	Puissance crête (<i>Wc</i>)
Q1:	Commutateur/Sectionneur
R1 :	Régulateur de charge
Yf :	Énergie effective à la pompe
β :	Angle d'inclinaison ($^{\circ}$)
t :	Le temps de fonctionnement quotidien de la pompe (<i>h</i>).
Ec :	Énergie électrique (<i>KWh</i>).
Impp:	Courant à puissance max (<i>A</i>).
Ir :	L'irradiation moyenne journalière (<i>KWh/m²/J</i>).
Isc :	Courant de court-circuit (<i>A</i>).
Na :	Nombre de jour d'autonomie (<i>KWh/m²/J</i>).
Nd :	Niveau dynamique.
Nm :	Nombres de modules.
Np :	Le nombre de modules en parallèle.

P_M :	La puissance du module PV.
P_c :	Pertes de charge produites par le frottement d'eau sur les parois des conduites (m).
P_{max} :	Puissance maximale (W).
P_p :	Puissance de pompe (KW).
Q :	La quantité d'eau nécessaire (m^3).
R_m :	Le rabattement <i>maxim</i> .
V_{ch} :	La tension du champ (V).
V_{mpp} :	Tension à puissance max (V).
V_{oc} :	Tension en circuit ouvert (V).
q :	Débit volumique de la pompe (m^3/h).
t :	Nombre d'heures d'ensoleillement maximal ($kWh/m^2/j$).
η :	Rendement(%).

Liste Des Abréviations

μTAG :	micro-turbine à gaz.
AEP :	Alimentation en eau potable.
ANAT :	Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire.
ANRH :	Agence nationale des ressources hydrauliques.
COE:	cost of Energy.
DC:	Courant continu.
DPSB :	Direction de la programmation et du suivi budgétaires.
E Avail :	Energie solaire disponible.
E Load :	Besoin d'énergie de l'utilisateur.
E Miss :	Energie manquante.
E Unused :	Energie inutilisée (batterie chargé).
E User :	Energie fournie à l'utilisateur.
ENR :	Energie renouvelable.
GlobEff :	Global "effectif", corr pour IAM et ombrages.
GlobHor :	Irradiation globale horizontale.
HCDS :	Haut-commissariat du Développement de la Steppe.
HOMER:	Hybrid Optimisation of Multiple Energy Ressources.
FF :	Facteur de forme.
MPPT :	Maximum Power Point Tracking.
NPC :	Net présent cost.
OCC :	Oranie chott chergui.
PV:	Photovoltaïque.
HMT:	Hauteur Manométrique totale.
SAU :	Surface agricole utile.
SEH :	Système énergie hybride.
SolFrac :	Fraction solaire (Eutile / Ebesoin)



INTRODUCTION
GÉNÉRALE

INTRODUCTION GENERALE

Face à la croissance mondiale de la demande d'énergie, l'épuisement des combustibles fossiles et les problèmes environnementaux causés par les émissions de gaz, l'humanité fait face au devoir de développer d'autres sources d'énergie renouvelable connue sous le nom des énergies propres.

Les énergies renouvelables sont des sources d'énergie qui renouvellent assez vite qu'ils peuvent être considérés comme inépuisables à l'échelle des temps humain. Ils offrent de nombreux avantages en raison du fait qu'ils sont inépuisables, libres et compatibles avec un certain respect de l'environnement. Cependant, l'une des caractéristiques qui limitent ses utilisations est due à son aspect aléatoire et les fluctuations de charge en fonction des périodes annuelles ou quotidiennes et n'est pas nécessairement associée à ces ressources. Pour les zones isolées, la solution à adopter est de combiner plusieurs sources d'énergie, de manière à former des systèmes énergétiques hybrides.

Dans ce contexte, le travail présenté dans ce mémoire de fin d'études est la conception et le dimensionnement du système hybride pompe/photovoltaïque/groupe-diesel dans les zones pastorales de la wilaya de Nâama.

Notre travail est scindé en quatre chapitres comme suit :

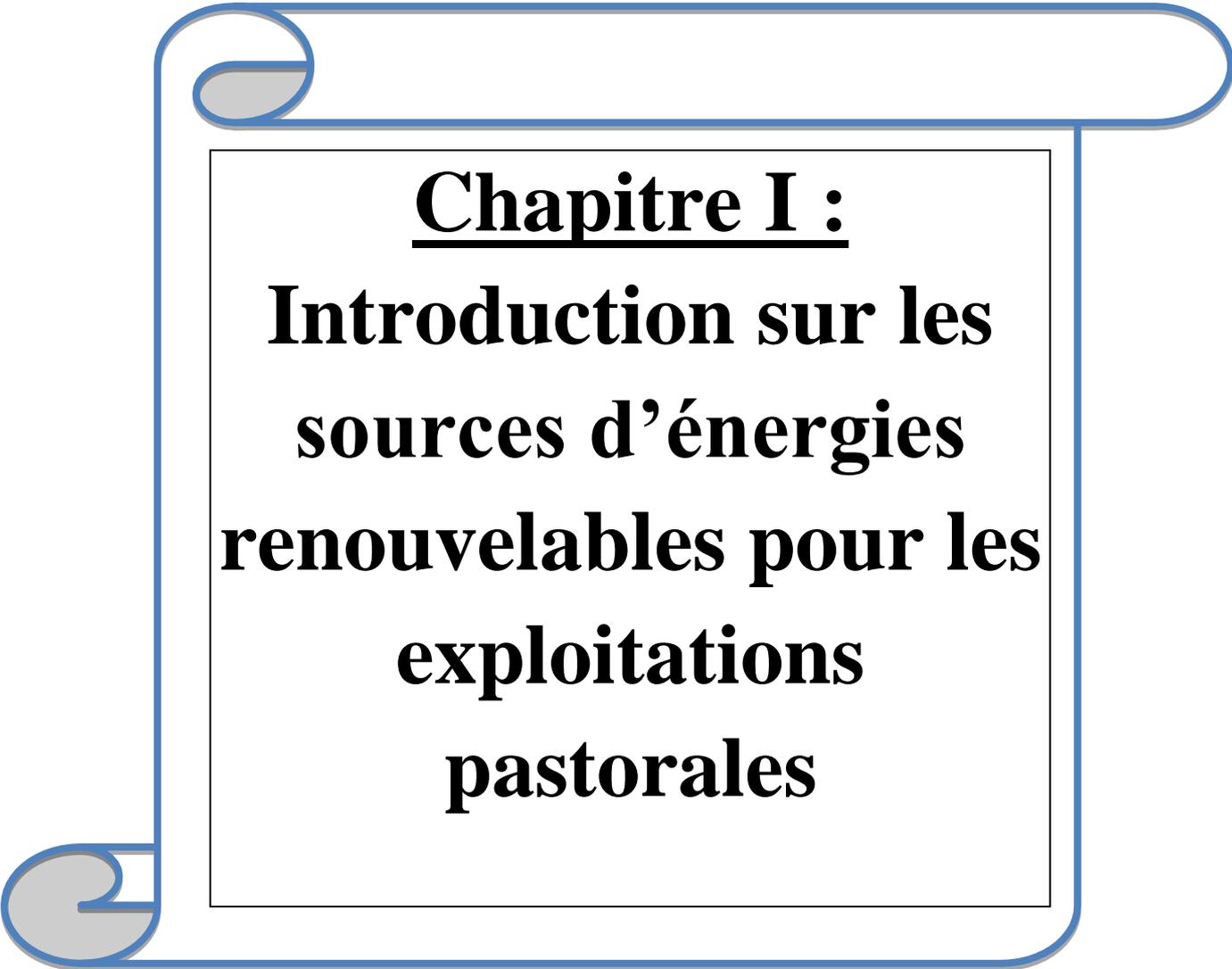
Dans le premier chapitre, nous donnons une description générale sur les différents types d'énergies renouvelables, le potentiel solaire en Algérie et une présentation de la zone étudié (Wilaya de Nâama) dont son aspect pastoral et agricole.

Dans le second chapitre, nous parlons sur le système hybride et leur configuration, ainsi le dimensionnement de chaque élément qui le constitue à savoir pompe /photovoltaïque/ groupe-diesel dans la zone pastorale Sfissifa de la wilaya de Nâama.

Dans le troisième chapitre, présente la description du dispositif expérimental au niveau du laboratoire d'énergies renouvelables au centre universitaire Salhi Ahmed Nâama: le capteur solaire photovoltaïque utilisé dans notre étude à savoir ; sa composition, son principe de fonctionnement et la description de la procédure expérimentale.

Finalement, dans le quatrième chapitre, nous présentons les résultats de simulation de logiciels PVsyst et Homer à partir du dimensionnement calculé dans le deuxième chapitre dont laquelle nous étudions une situation réelle de la zone pastorale Sfissifa (Wilaya de Nâama).

Notre travail, s'achève par une conclusion générale, des perspectives et une section des références bibliographique utilisées.



Chapitre I :
Introduction sur les
sources d'énergies
renouvelables pour les
exploitations
pastorales

I.1 Introduction

Un grand nombre d'éleveurs d'ovins et d'agriculteurs s'intéressent de plus en plus aux sources d'énergie renouvelable. Parfois c'est difficile de déterminer la solution énergétique qui convient le mieux à une exploitation pastorale ou agricole particulière mais heureusement il y a une diversité des solutions technologiques. À travers ce chapitre, nous parlons sur le potentiel de l'énergie solaire en Algérie, les zones pastorales dans la wilaya de Nâama qui possède des nappes d'eau souterraines au niveau des zones loin des installations électriques. Elles sont localisées surtout autour de: Chott El-Gherbi, Chott El-chergui, Synclinal de Naâma et les aquifères de la vallée de Ain Sefra et Tiout [1]. Mais malheureusement cette richesse est peu exploitée pour les applications pastorale et agricole.

I.2 Définition des énergies renouvelables

On considère qu'une énergie est renouvelable, toute source d'énergie qui se renouvelle assez rapidement pour être considérée comme inépuisable (d'où son nom) c'est-à-dire, sa vitesse de formation doit être plus grande que sa vitesse d'utilisation.

Les énergies renouvelables sont issues de phénomènes naturels réguliers ou constants provoqués principalement par le soleil (l'énergie solaire mais aussi hydraulique, éolienne et biomasse...), la lune (énergie marémotrice, certains courants : énergie hydrolienne...) et la terre (géothermique profonde...), à l'échelle de la durée de vie d'humanité .Ce n'est pas le cas pour les combustibles fossiles et nucléaires [2].

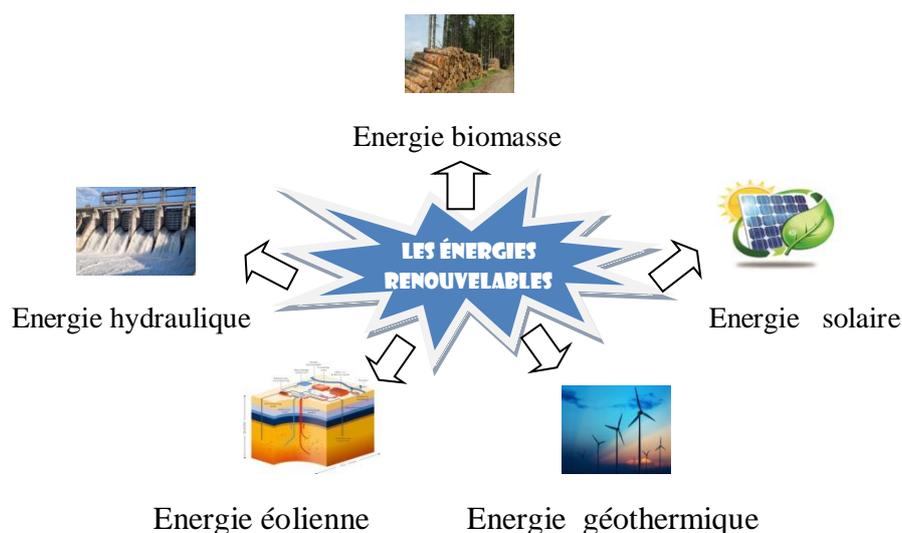


Figure I. 1 : Les énergies renouvelables.

I.3 Différents types d'énergie renouvelable

La production de l'électricité par les ENR peut se produire par plusieurs origines à savoir : le soleil, le vent, la chute d'eau, la géothermie, la biomasse, etc. Au niveau mondial, l'ENR provient de six sources distinctes. L'hydroélectricité est la principale avec une contribution de 82,9%. La biomasse est la seconde source avec 6,3%. Viennent ensuite la filière éolienne (8,3%), la géothermie (1,6%), le solaire qui regroupe les centrales photovoltaïques et thermiques (0,2%), et enfin les énergies marines (0,01%) [3].

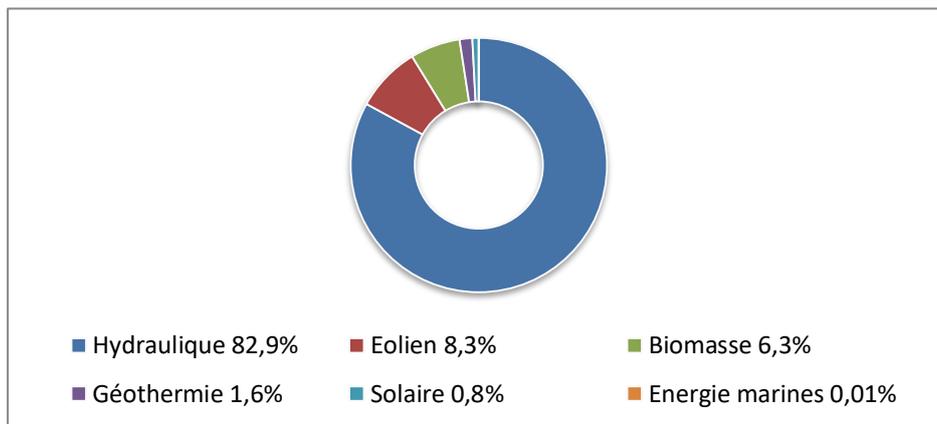


Figure I. 2: Structure de la production électrique d'origine renouvelable.

Dans cette section, nous avons présenté un groupe de sources d'énergies renouvelables grâce auxquelles l'énergie produite est directement produite sous forme électrique.

I.3.1 Énergie de la biomasse

Il s'agit d'énergie solaire stockée sous forme organique grâce à la photosynthèse. Elle est exploitée par combustion. Cette énergie est renouvelable à condition que les quantités brûlées n'excèdent pas les quantités produites. Le problème plus important est que la biomasse n'est pas inépuisable.

Quand on l'exploite de manière naturelle elle est peu menacée mais lorsqu'il s'agit d'une biomasse cultivée (pour les biocarburants par exemple) ou en cas de surexploitation massive de la ressource (comme la déforestation), la production d'une telle énergie peut rapidement avoir de lourds impacts environnementaux [4].

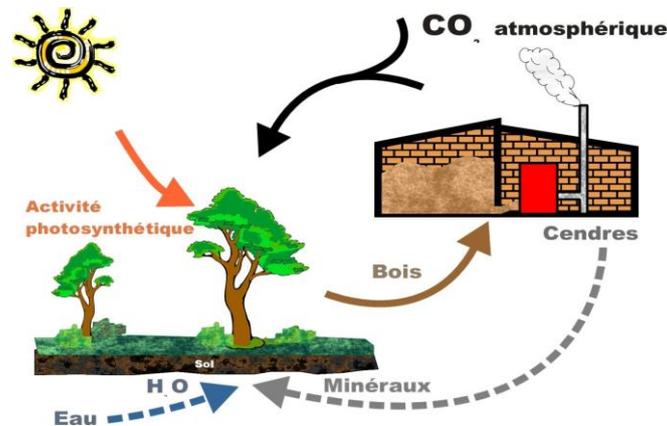


Figure I. 3: Énergie de la biomasse [5].

I.3.2 Énergie géothermique

Le terme géothermie provient du grec <Gé> et <thermos>, signifiant respectivement : La terre et la chaleur. La géothermie peut se définir comme étant la technique qui consiste à puiser dans le sous-sol ou dans les roches, les calories qui y sont contenues, afin de les rendre disponibles en surface pour des applications de chauffage ou de production d'électricité. Dans des cas particuliers, la géothermie peut consister à injecter de la chaleur dans le sous-sol afin de refroidir les installations de surface [3].

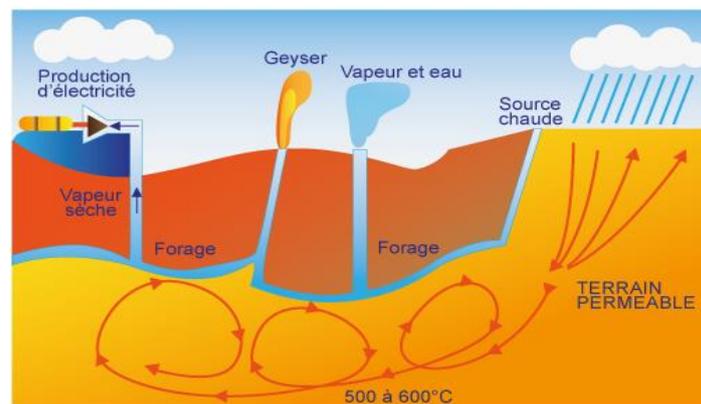


Figure I. 4 : Énergie géothermique [6].

I.3.3 L'énergie solaire

L'énergie solaire est la ressource énergétique la plus abondante sur terre. Elle est à l'origine de la majorité des énergies renouvelables, mais elle est très atténuée.

Le rayonnement solaire peut être utilisé pour produire soit directement de l'électricité à l'aide de semi-conducteurs photovoltaïque, soit de la chaleur solaire thermique pour le chauffage ou la production électrique [7].

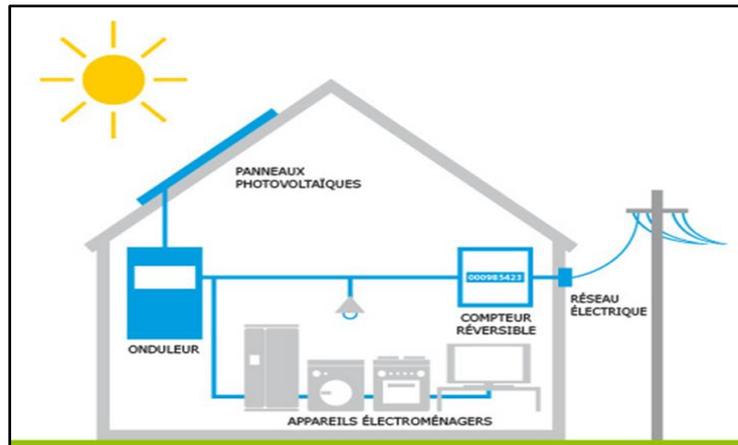


Figure I. 5 : Énergie solaire [8].

I.3.4 Énergie hydraulique

De nombreuses civilisations se sont servies de la force de l'eau, qui représentait une des sources d'énergie les plus importantes avant l'ère de l'électricité. Un exemple connu est celui des moulins à eau, placés le long des rivières. Aujourd'hui, bien que de nombreux sites aient été parfaitement équipés, cela ne suffit plus à compenser l'augmentation vertigineuse de la consommation. De nos jours l'énergie hydraulique est utilisée au niveau des barrages et est principalement à la production d'électricité [9].

Une centrale hydraulique est composée de 3 parties :

- Le barrage qui retient l'eau.
- La centrale qui produit de l'électricité.
- Les lignes électriques qui évacuent et transportent l'énergie électrique.

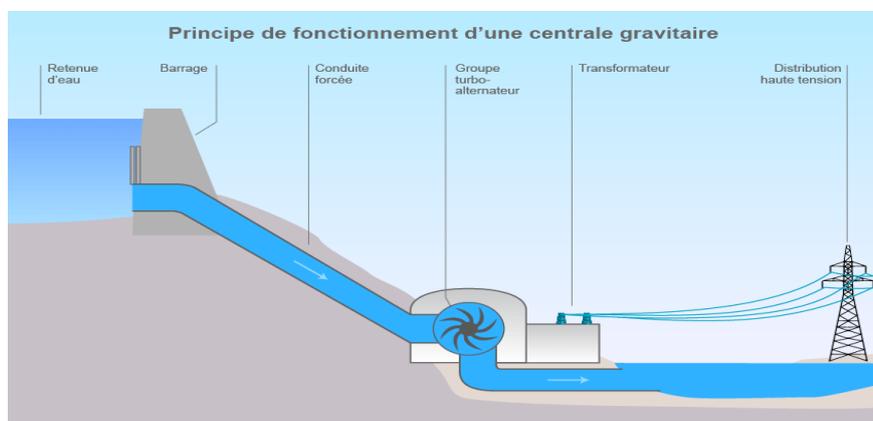


Figure I. 6: Énergie hydraulique [10].

I.3.5 Énergie éolienne

Un aérogénérateur, plus communément appelé éolien, est un dispositif qui permet de transformer une partie de l'énergie cinétique du vent en énergie électrique. Cette conversion se fait en deux étapes:

Au niveau de la turbine (rotor), qui extrait une partie de l'énergie cinétique du vent disponible pour la convertir en énergie mécanique.

Au niveau de la génératrice, qui reçoit l'énergie mécanique et la convertit en énergie électrique, transmise ensuite au réseau électrique. Le fonctionnement général est illustré par la figure (I.7).

L'énergie éolienne est une énergie renouvelable, propre sans rejet atmosphérique, géographiquement diffuse et sa source (vent) plus importante en hiver. Cependant, le captage et la conversion d'énergie sont complexes, les matériaux coûteux et la source d'énergie difficile à prévoir et reste aléatoire [11].

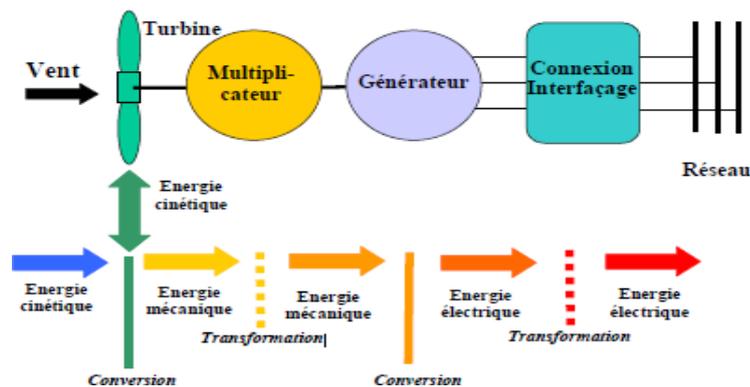


Figure I. 7 : Principe de la conversion d'énergie [12].

I.4. Potentiel solaire en Algérie

L'Algérie dispose d'un potentiel solaire assez important, lui permettant de se lancer dans la production d'électricité depuis l'énergie renouvelable solaire qui est propre et non épuisable. En effet la durée d'ensoleillement est égale à 2650 heures par an au Nord et à 3500 heures par an au Sud [13].

L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m² est de l'ordre de 5 kWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 kWh/m²/an au Nord et 2263 kWh/m²/an au Sud du pays [14].

Chapitre I : Introduction sur les sources d'énergies renouvelables pour les exploitations pastorales

Le tableau suivant indique le taux d'ensoleillement pour chaque région de l'Algérie de par sa situation géographique.

Régions	Régions côtière	Haut plateaux	Sahara
Superficie %	4%	10%	86%
Durée moyenne d'ensoleillement (heure/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (kWh/m ² /an)	1700	1900	2650

Tableau I. 1: Potentiel solaire en Algérie [14].

Une évaluation par satellite, effectuée par l'agence spatiale allemande, a montré que l'Algérie possède le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen. Il est de 169,440 Tera-Watts.heure/an (TWh/an) pour le solaire thermique et de 713,9 TWh/an pour le photovoltaïque [14].

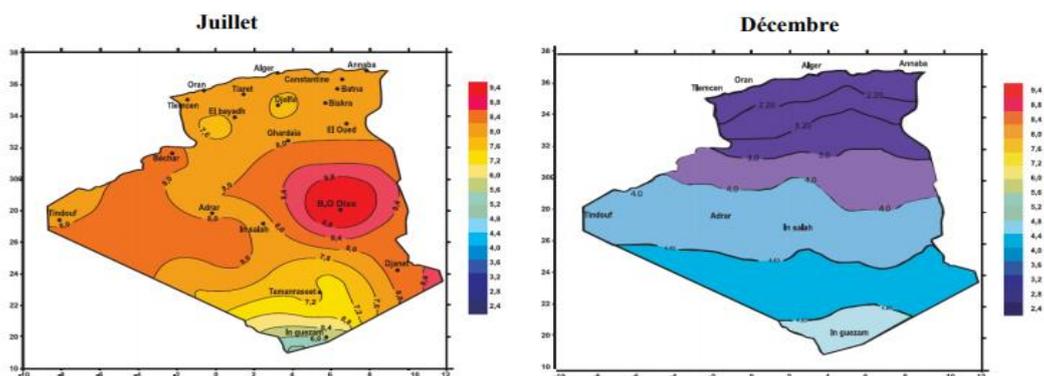


Figure I. 8 : Irradiation globale journalière reçue sur plan horizontal aux mois de Juillet et Décembre [15].

I.4.1 Représentation graphique des fractions d'insolation

On peut représenter les valeurs des fractions d'insolation σ , en fonction du mois, pour chaque station. Par simple observation des courbes, on peut reconnaître trois groupes types de climat [16].

Climat de l'Algérie du nord :

σ élevé en été (aux alentours de 0,8) et moyen en hiver (environ 0,5).

Climat du Sahara :

σ très élevé en été (plus de 0,8) est élevé en hiver (environ 0,7 et plus au sud 0,8).

Chapitre I : Introduction sur les sources d'énergies renouvelables pour les exploitations pastorales

Climat influencé par le climat de l'Afrique intertropicale :

σ élevé avec des valeurs plus faibles en été (saison des pluies dans le Sahel, plus au Sud) et maximum en mars.

I.5 Présentation de la région d'étude pastorale (Wilaya de Nâama)

I.5.1 Organisation administrative

La wilaya de Naâma est issue du dernier découpage administratif institué par la loi 84-09 du 04 avril 1984. Elle se compose de sept (07) daïras regroupant douze (12) communes, elle se situe entre l'Atlas tellien et l'Atlas saharien et s'étend sur une superficie de 29.819,30 Km² pour une population estimée aux 31/12/2018 à 281 168 habitants, soit une densité de 9,43 hab/Km² [17].

I.5.2 Situation géographique

La région hydrographique Oranie - Chott Chergui est la région la plus occidentale de l'Algérie du Nord. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Ouest par la frontière Marocaine, à l'Est par les bassins du Cheliff Zahrez et au Sud par le bassin du Sahara (figure I.9). Elle a une superficie de 77251 Km² qui englobe les bassins hydrographiques (figure I.10): [18]

- Côtiers Oranais: 5913 Km².
- Tafna: 7245 Km².
- Macta: 14389 Km².
- Chott Chergui: 49704 km².

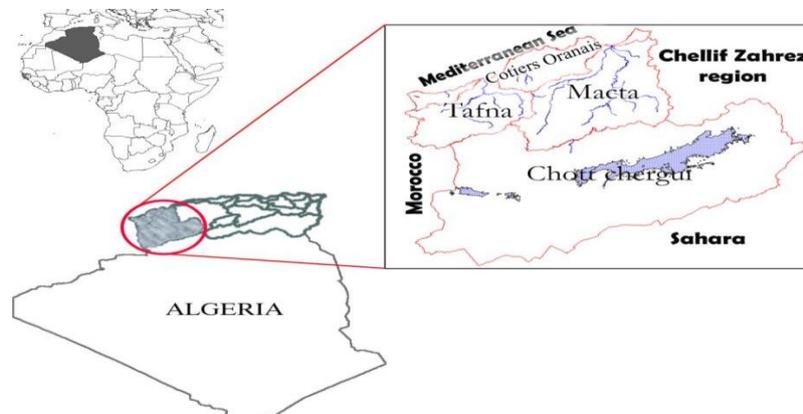


Figure I. 9: Situation géographique de la région Hydrographique OCC [18].

Chapitre I : Introduction sur les sources d'énergies renouvelables pour les exploitations pastorales

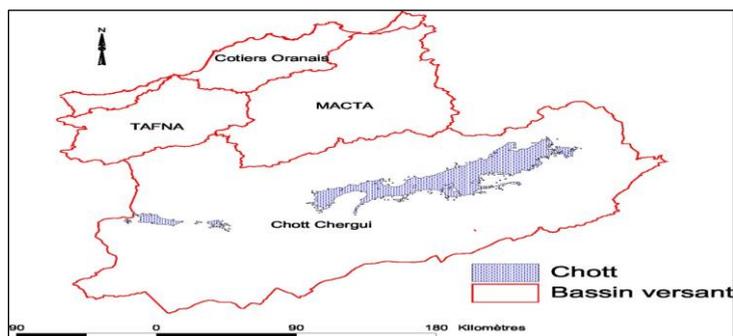


Figure I. 10: Présentation des bassins versants de la région d'étude [18].

La région hydrographique Oranie - Chott Chergui s'étend sur 11 wilayas dont (figure I.11) cinq (5) wilayas sont couvertes en totalité: Oran, Tlemcen, Aïn Témouchent, Sidi Bel Abbès et Saïda et six (6) wilayas couvertes partiellement: Mascara, Mostaganem, Naâma, Tiaret, El Bayadh, Laghouat.

Le tableau suivant donne les caractéristiques principales des éléments administratifs de la région hydrographique Oranie- Chott Chergui : [18]

wilaya	Code wilaya	Nombre de communes	Nombre de communes intégrées dans la région	superficie Km ²	Etendu
Laghouat	03	24	3	1825	Sur 02 régions hydrographiques
Tlemcen	13	53	53	9017	Sur deux bassins
Tiaret	14	42	4	5454	Sur 02 régions hydrographiques
Saïda	20	16	16	6447	Sur deux bassins
SBA	22	52	52	9066	Sur trois bassins
Mostaganem	27	32	16	738	Sur 02 régions hydrographiques
Mascara	29	47	40	4065	Sur 02 régions hydrographiques
Oran	31	26	26	2154	Sur deux bassins
El Bayadh	32	22	7	9664	Sur 02 régions hydrographiques
Naâma	45	12	6	18078	Sur 02 régions hydrographiques
A.Temouchent	46	28	28	2376	Sur deux bassins

Tableau I. 2 : Eléments administratifs de la région hydrographique Oranie Chott Chergui [18].

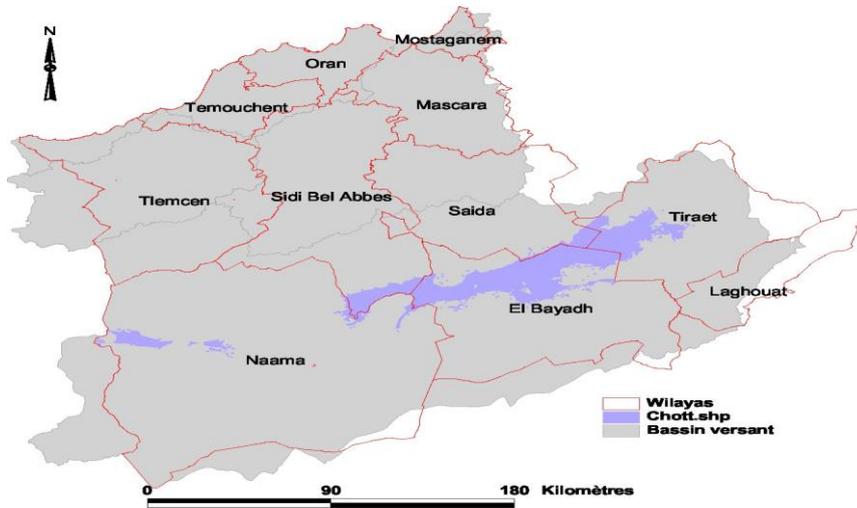


Figure I. 11 : Wilayas intégrées dans la région hydrographique de l'Oranie – Chott Chergui [18].

I.5.3 Agriculture et pastoralisme

L'agriculture et le pastoralisme sont en effet les deux activités qui ont toujours constitué la vocation économique de la wilaya de Naâma. Ce secteur a connu par le passé plusieurs crises, surtout celles liées aux facteurs climatiques et d'ensablement de la zone.

Néanmoins, des initiatives ont été prises par les autorités locales pour redynamiser ce secteur afin de stabiliser la population locale [19].

À l'échelle locale, le premier secteur économique important dans la wilaya de Nâama est l'agriculture; précisément le pastoralisme.

La situation du secteur de l'agriculture dans la wilaya de Naâma peut être résumée par les chiffres suivants:

La superficie agricole totale : 2 203 460 Ha, dont:

- SAU: 28 283 Ha, dont 14 692 Ha irrigués.
- Pacages et parcours 2 176 117 Ha.

Production végétale :

- Céréales d'hiver : 22 245 Qx dans une superficie de 1 741 Ha.
- Culture maraichères : 361 020 Qx dans une superficie de 2 369 Ha.

Chapitre I : Introduction sur les sources d'énergies renouvelables pour les exploitations pastorales

- Fourrages artificiel : 597 478 Qx dans une superficie de 3 450 Ha.
- Arboriculture: 34 690 Qx dans une superficie de 3 733 Ha.
- Phoeniciculture: 4 060 Qx avec 8 767 palmiers en rapport.

Nombre d'éleveurs : 6 700

Cheptel : 1 679 765 têtes, dont

- Ovins: 1 547 520.
- Caprins : 93 505.
- Bovins : 36 300 [17].

D'après la figure (I.12), on observe que la zone d'Ain Ben khelil comporte un nombre très élevé d'éleveur (17,58%) par rapport aux autres zones d'étude [1].

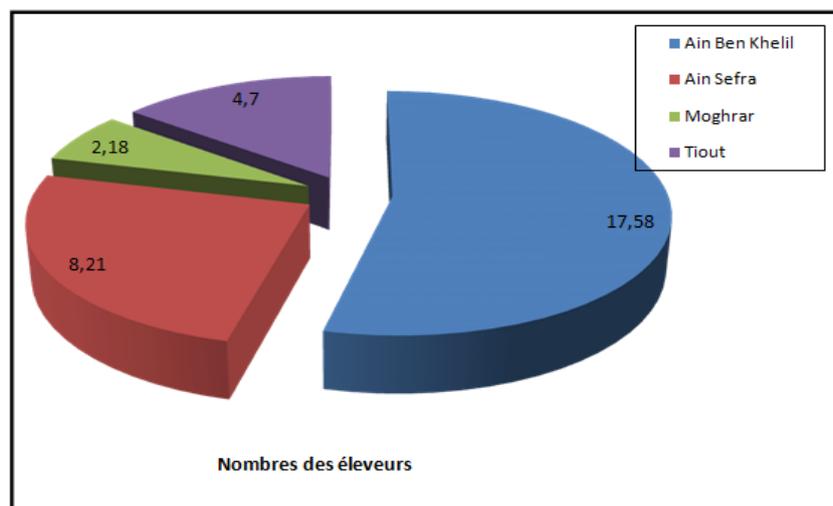


Figure I. 12 : Nombre des éleveurs dans les 4 stations d'étude [1].

Les éleveurs utilisent tous les moyens (camions, citernes mobiles, campement en altitude et anneaux de parcours, etc.), pour maintenir et développer cette activité.

Sur le plan hydrogéologique, le sous-sol de la wilaya renferme des grandes potentialités hydriques qui sont toutefois très peu exploitées. Les réserves hydriques souterraines sont localisées sur l'ensemble du territoire de la wilaya, notamment autour de: Chott El-Gherbi, Chott Echergui, le synclinal de Naâma, les aquifères de la vallée de d'Ain-Sefra et Tiout.

Des études hydrogéologiques seront toutefois nécessaires, si l'on souhaite tirer un profit réel de ces réserves [19].

I.5.4 Spécificités de la wilaya de Naâma

La wilaya de Naâma s'individualise nettement par certains aspects : [17]

- Vaste territoire.
- Bipolarisation de la population.
- Wilaya frontalière avec le Maroc.
- Problème de désertification.
- Potentialités locales importantes faiblement exploitées.
- Naâma est concernée par plusieurs programmes de développement.
- Wilaya traversée par le gazoduc MGE.

I.5.5 Climat de la wilaya de Nâama

D'une manière générale, l'année climatique de la wilaya est divisée en deux grandes saisons; une saison froide est relativement humide qui s'étend de Novembre à Avril et une saison chaude et sèche allant de Mai à Octobre.

Cependant ce climat est marqué par une irrégularité. Celle-ci est sensible non seulement d'une année à une autre mais aussi dans la répartition entre les différents mois.

En général la pluviométrie demeure faible et irrégulière; elle est hétérogène dans le temps et dans l'espace. Les températures extrêmes peuvent être à l'origine de dégradation du couvert végétal: [17]

- La période de basses températures, allant de Novembre à Février, sont à l'origine de l'intensité de gelées hivernales qui peuvent se traduire par des dégâts végétatifs tels que les nécroses.
- La période de hautes températures, s'étalant de Juin à Octobre, peut provoquer l'échaudage par suite de l'augmentation de transpiration.

Chapitre I : Introduction sur les sources d'énergies renouvelables pour les exploitations pastorales

La pluviosité moyenne, enregistrée à Nâama et Mécheria, est de 86 mm entre mars et novembre. La T° minimale du mois le plus froid, janvier est de 2,12°C pour Mécheria et 0,36°C pour Nâama. Le mois le plus chaud, juillet, présente une T° maximum de 35,92°C pour Mécheria et 36°C pour Nâama [20].

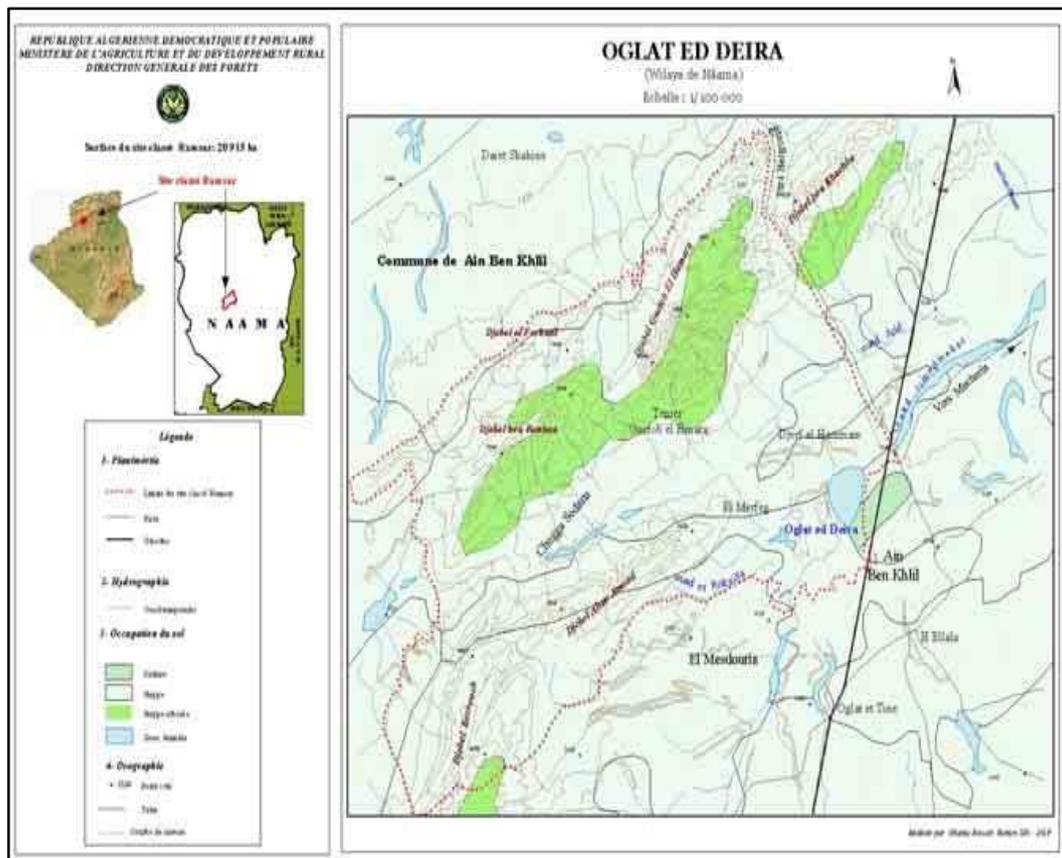


Figure I. 13 : Situation générale de l'aire protégée d'Aïn Benkhellil (4ème Atlas des zones humides d'importance internationale, D.G.F. 2004) [20].

I.5.6 Etude statistique du potentiel solaire dans la région de Naâma

Le champ solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible sur un site donné et au cours d'une période donnée [21].

Chapitre I : Introduction sur les sources d'énergies renouvelables pour les exploitations pastorales

Wilaya de Naâma				
Stations	Ain-Sefra		Mécheria	
Parameters	Max (°C)	Min (°C)	Max (°C)	Min (°C)
Janvier	11.6	4.3	9.3	2.5
Février	20.2	1.5	14.5	2.8
Mars	26.6	16.9	26.8	9.1
Avril	16.9	7.2	16.7	5.8
Mai	26.5	15	25.5	12.4
Juin	33.1	18.6	31.1	15.2
Juillet	39	24.4	40.7	23.8
Août	34.7	21.3	35.4	19.6
Sptembre	31.2	17.4	30.6	15.5
Octobre	26.3	17	22.1	15.8
Novembre	/	/	/	/
Décembre	/	/	/	/

Tableau I. 3 : Températures moyennes à 10 mois de l'an 2018 [21].

I.5.7 Potentialités hydrauliques dans la région de Nâama

Sur le plan de la mobilisation de l'eau, les forages et les points d'eau ont tous été positifs. Les débits réalisés varient entre 5 et 80 litres /seconde.

Chapitre I : Introduction sur les sources d'énergies renouvelables pour les exploitations pastorales

HYDRAULIQUE	
Ressource souterraines mobilisées (débit : L/S)	
Dont, destiné vers l'AEP	1 424
Dont, destiné vers l'irrigation	2 681
Dont, Autres	244
Ressources superficielles mobilisé (03 retenues collinaires) (en HM3)	
Nombre de forages	1 227
Dont le débit est de (en L/S)	3 866
Nombre de puits	914
Dont le débit est de (en L/S)	477.00
Nombre de sources	5
Dont le débit est de (en L/S)	5.80
Taux de raccordement AEP (%) :	98.52
Dotation journalière en eau (L/J/H)	182.00
Longueur du réseau d'AEP (ML)	928 500
Nombre de réservoirs et châteaux d'eau	93
Capacité de réservoirs et châteaux d'eau (m3)	41 450
Taux de raccordement au réseau d'assainissement (%)	92.00
Longueur du réseau d'assainissement (ML)	803 047.13

Tableau I. 4 : Potentialités hydrauliques dans la région de Naâma [17].

Le sous-sol de la wilaya renferme des grandes potentialités hydriques qui sont toutefois très peu exploitées. Les réserves hydriques souterraines sont localisées sur l'ensemble du territoire de la wilaya, notamment autour de :

- Chott El-Gherbi,
- Chott Echergui,
- Le synclinal de Naâma,
- Les aquifères de la vallée d'Ain-Sefra et Tiout.

Des études hydrogéologiques seront toutefois nécessaires si l'on souhaite tirer un réel profit de ces réserves.

Le secteur de l'hydraulique connaît actuellement une phase de rénovation, de réhabilitation et d'extension destinées à renforcer les infrastructures existantes, et ce par le recours aux différents programmes mis en œuvre (PSD, PCD, FSDRS, Programme d'urgence, ...) [17].

I.5.7.1 La variable proximité d'une ressource en eau

Partout dans le monde, comme dans la steppe Oranaise où les conditions naturelles sont rudes, la présence de l'eau présente une substance fondamentale pour le maintien de la population. Elle est aussi une composante de grande importance pour toute action de développement agropastoral et la régularisation des mouvements de la population et sa répartition dans l'espace. De plus, c'est de l'accessibilité des points d'eau que dépend en grande partie l'intensité de l'exploitation du pâturage.

La wilaya de Naâma renferme de grandes potentialités hydriques. Toutefois, ces potentialités sont très peu exploitées et leur volume de stockage demeure inconnu. Jusqu'à présent il n'y a aucune étude hydrogéologique pour dresser un bilan exact, afin de savoir les limites de réserve d'eau souterraine pour tirer un réel profit et dégager une stratégie appropriée pour sa protection.

La totalité de la zone est alimentée par les ressources souterraines. Selon le rapport établi par l'Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire ANAT, (1998) le volume mobilisé est évalué à 366 l/s.

Jusqu'à présent les pouvoirs locaux pompent l'eau de la réserve des nappes phréatiques pour alimenter les grandes agglomérations, l'irrigation des parcelles agricole et l'abreuvement des cheptels. Il est important de savoir qu'en Algérie 75% des ressources renouvelables sont concentrées sur seulement 6% du territoire littoral. Cet état de fait, en absence d'un contrôle bien prudent, peut engendrer à terme un déséquilibre et un déficit hydrique à l'échelle de la région. N'est-il pas judicieux de demander aux experts en la matière de dresser un bilan détaillé à long terme pour ne pas déstabiliser toute une population en cas de disette ?

La moindre rupture hydrogéologique peut conduire à :

- Un rabattement du niveau piézométrique de la nappe.
- Un risque de salinisation des eaux de cette nappe par les eaux salées de la Sebkha.
- Un bouleversement auprès de la population à la recherche de l'eau dans d'autres régions voisines.

Chapitre I : Introduction sur les sources d'énergies renouvelables pour les exploitations pastorales

Les eaux de surface sont collectées dans les bas-fonds (Daya, Oglat, Mekmene). Mais ces eaux ne durent pas longtemps à cause de la forte évaporation. Les oueds sont caractérisés par un écoulement temporaire et endoréique. Ils sont secs une grande partie de l'année (6 à 10 mois) et soumis en hiver et parfois en été à des crues irrégulières survenant après une averse brutale. D'ailleurs à Ain Benkhilile il existe un lac (Oglat Ed Deïra) qui dure 3 mois dans l'année. Ce lac est classé comme réserve naturelle [22].

Cependant, pour la modélisation de la répartition de la population, trois ressources ont été considérées Tableau (I.5) :

Ressources	Captage	Effectif en (%)
Eau potable (AEP)	Nappes phréatiques	32.3
Eau d'irrigation	Nappes phréatiques	24.4
Eau d'abreuvement	Nappes phréatiques	9.8
Abandonné	Nappes phréatiques	33.5

Tableau I. 5 : Les ressources d'approvisionnement en eau de la wilaya de Nâama [22].

I.5.7.2 Situation des ressources mobilisées

Le tableau (I.6) suivant donne la situation des ressources mobilisées au 31/12/2018 :

Désignation	Nombre	Débit (L/S)	Destination (L/S)		
			AEP	irrigation	GGF
Forages	1 227	3866	1 398	2 224	244
Puits	914	477	22	455	0
Sources	5	5.8	3.8	2	0
TOTAL	2 146	4348.8	1 423.8	2 681	244

Tableau I. 6 : Situation des ressources mobilisées au 31/12/2018 [17].

Chapitre I : Introduction sur les sources d'énergies renouvelables pour les exploitations pastorales

		
<p>La mise en défens des terrains dans le cadre du HCDS, commune de Sfissifa</p>	<p>La mise en place de retenues collinaires dans le cadre du HCDS, commune de Sfissifa</p>	<p>La mise en place de réservoir d'eau dans le cadre du HCDS, commune de Sfissifa</p>
		
<p>alimentation en eau à partir des puits pour abreuvement des troupeaux à Sfissifa</p>	<p>kits solaires dans le cadre du HCDS, commune de Sfissifa</p>	

Figure I. 14 : Développement et ressources en eau dans les villages enquêtés [23].

I.5.7.2.1 Répartition des forages (exploités et non exploités) par commune

La figure (I.15) représente Carte schématique des périmètres et ressources en eau à travers la wilaya de Naâma.

Chapitre I : Introduction sur les sources d'énergies renouvelables pour les exploitations pastorales

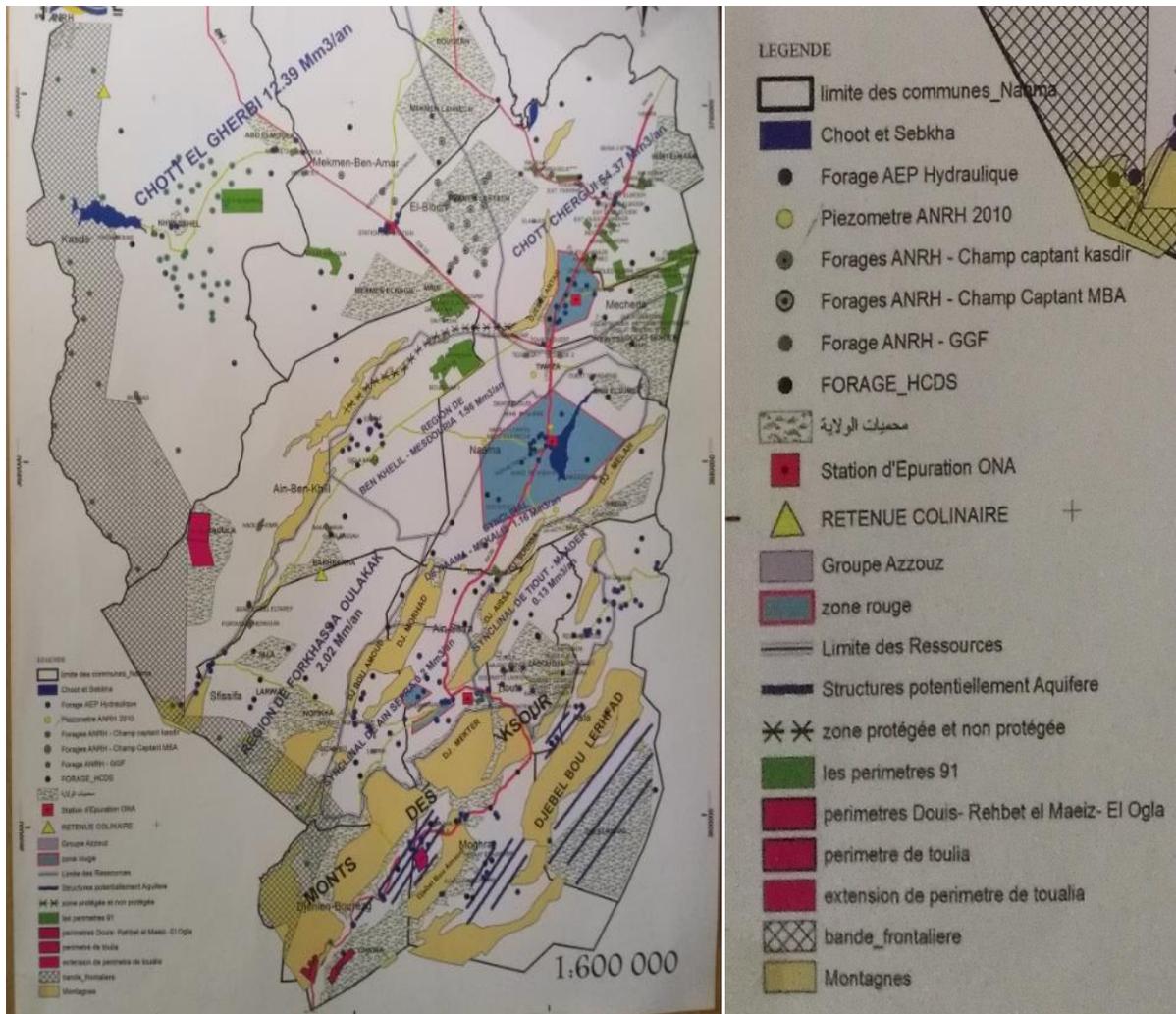


Figure I. 15 : Carte schématique des périmètres et ressources en eau à travers la wilaya de Naâma [24].

Le tableau (I.7) et la figure (I.16) suivant donne Répartition des forages (exploités et non exploités) par commune au 31/12/2018 :

Chapitre I : Introduction sur les sources d'énergies renouvelables pour les exploitations pastorales

Commune	Nombre de forages	Débit (L/S)	Destination (L/S)			
			AEP	GGF	irrigation	Autres
Naâma	106	352	156	0	196	0
Mécheria	127	542	312	4	226	0
Ain-Sefra	245	750	290	0	460	0
Tiout	175	403	59	0	344	0
Sfissifa	179	476	103	43	330	0
Moghrar	35	182	128	0	54	0
Asla	123	331	105	0	226	0
Djenien - Bourezg	31	146	71	25	50	0
Ain-Ben-Khelil	50	170	41	43	86	0
Mekmen-Ben-Amar	35	112	46	0	66	0
Kasdir	41	201	36	129	36	0
El -Biodh	80	201	51	0	150	0
TOTAL	1 227	3 866	1 398	244	2 224	0

Tableau I. 7 : Répartition des forages (exploités et non exploités) par commune au 31/12/2018 [17].

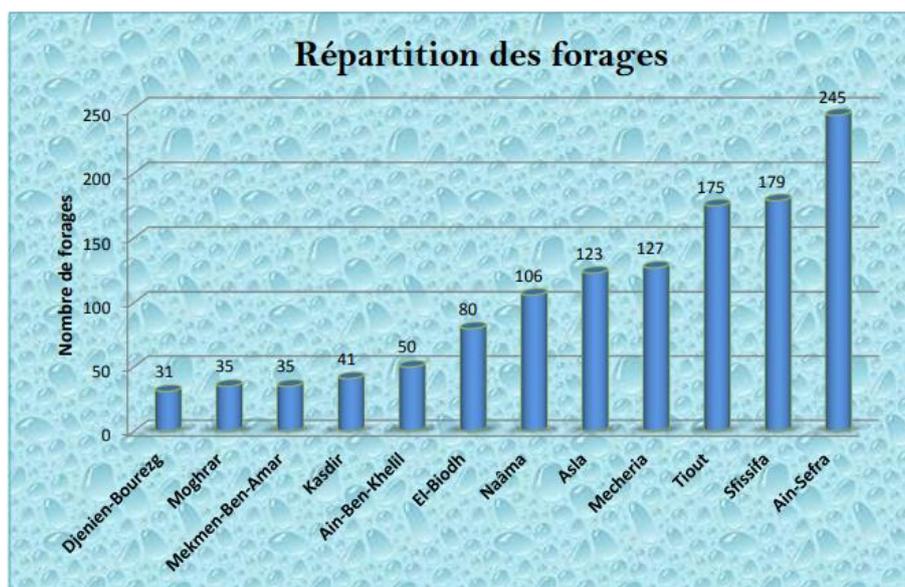


Figure I. 16 : Répartition des forages par commune au 31/12/2018 [17].

Chapitre I : Introduction sur les sources d'énergies renouvelables pour les exploitations pastorales

I.5.7.2.2 Répartition des puits par commune

Le tableau (I.8) et la figure (I.17) suivant donne Répartition des puits par commune au 31/12/2018 :

Commune	Nombre de puits	Débit (L/S)	Destination (L/S)		
			AEP	irrigation	Autres
Naâma	104	52	0	52	NEANT
Mécheria	70	35	0	35	
Ain-Sefra	318	163	4	159	
Tiout	47	27	4	23	
Sfissifa	45	28	6	22	
Moghrar	48	24	2	24	
Asla	34	19	0	17	
Djenien - Bourezg	44	22	0	22	
Ain-Ben-Khelil	152	76	0	76	
Mekmen-Ben-Amar	0	0	0	0	
Kasdir	0	0	0	0	
El -Biodh	52	31	6	25	
TOTAL	914	477	22	455	

Tableau I. 8 : Répartition des puits par commune au 31/12/2018 [17].

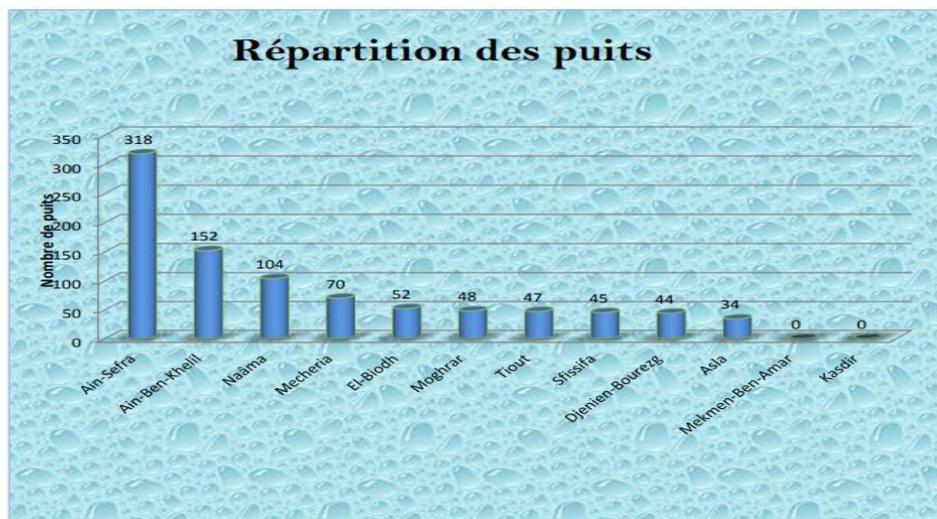


Figure I.17 : Répartition des puits par commune au 31/12/2018 [17].

I.5.7 .2.3 Répartition des sources par commune

Le tableau (I.9) suivant donne Répartition des sources par commune :

Commune	Nombre de sources	Débit (L/S)	Destination (L/S)		
			AEP	irrigation	Autres
Naâma	0	0	0	0	NEANT
Mécheria	0	0	0	0	
Ain-Sefra	1	3.8	3.8	0	
Tiout	1	0.5	0	0.5	
Sfisifa	1	0.5	0	0.5	
Moghrar	1	0.5	0	0.5	
Asla	0	0	0	0	
Djenien - Bourezg	1	0.5	0	0.5	
Ain-Ben-Khelil	0	0	0	0	
Mekmen-Ben-Amar	0	0	0	0	
Kasdir	0	0	0	0	
El -Biodh	0	0	0	0	
TOTAL	5	5.8	3.8	2	

Tableau I. 9 : Répartition des sources par commune au 31/12/2018 [17].

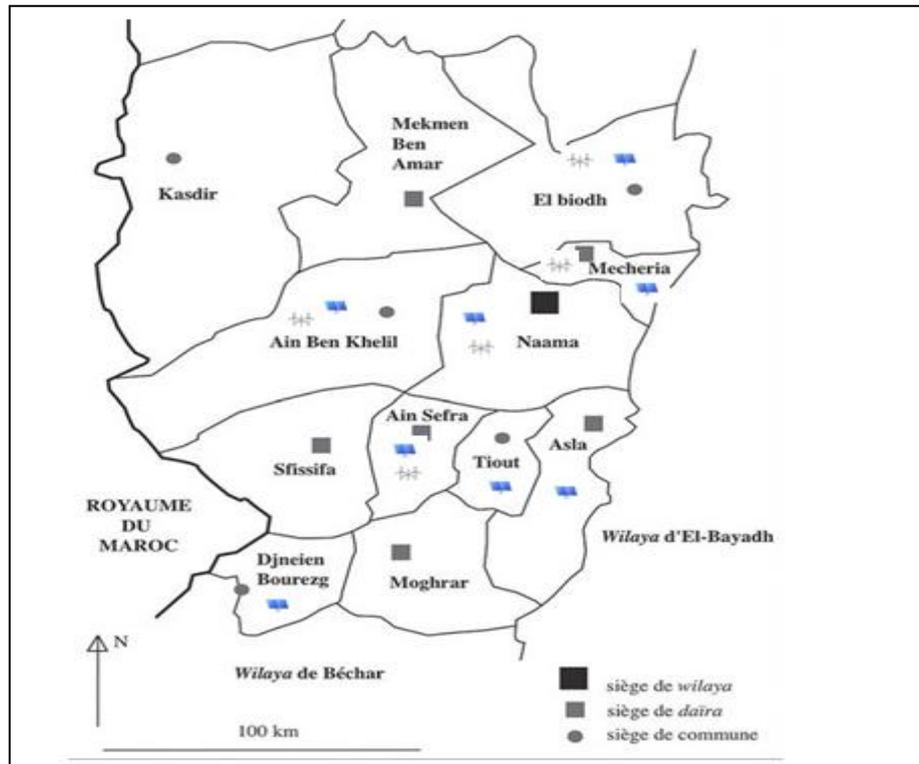
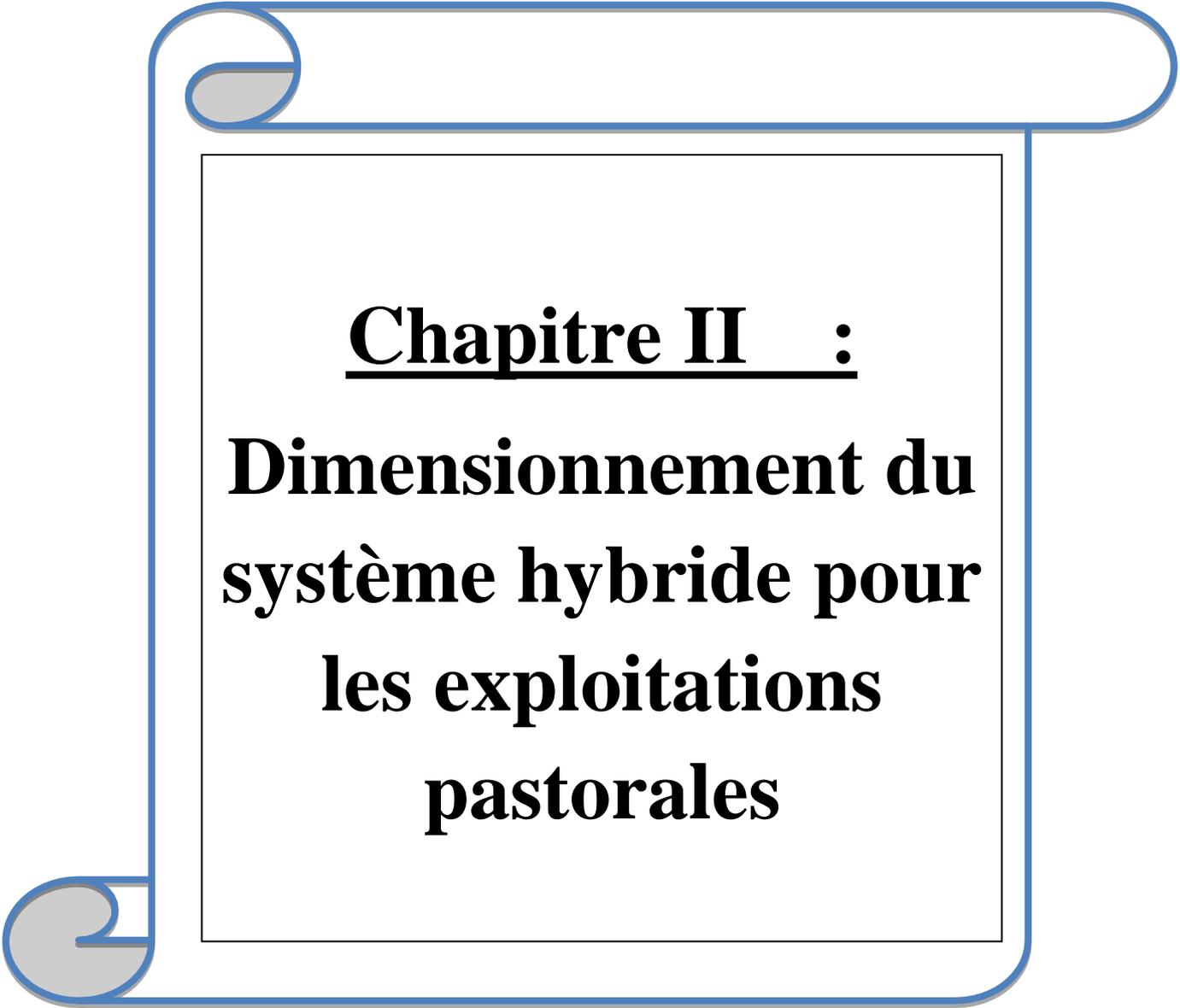


Figure I.18 : Répartition des Energies renouvelables dans la wilaya de Naâma [25].

I.6 Conclusion

Malgré les potentialités géographiques importantes existées dans la wilaya de Naâma (un territoire étendu, des vastes terres de parcours, des sites naturels associant des massifs montagneux avec des vallées et des oasis verdoyantes, des lacs... etc) qui favorisent fortement le bon terrain pour l'exploitation des énergies solaire photovoltaïque (PV) et hydroélectrique et même d'autres sources d'énergies renouvelables qui peuvent être envisagées pour les exploitations pastorales et agricoles telles que l'écoulement fluvial (énergie cinétique), la force animale (moyen de traction), l'énergie géothermique (chauffage et conditionnement d'air par pompe de chaleur), le biodiesel ou l'éthanol, et la combustion du bois ou de la biomasse mais qui reste malheureusement sous-exploitée pour notre région (wilaya de Naâma).



Chapitre II :
**Dimensionnement du
système hybride pour
les exploitations
pastorales**

II.1 Introduction

Actuellement, plusieurs pays du monde se contournent vers l'utilisation des énergies renouvelables et le mix énergétique car il a été constaté que dans moins de 40 ans les réserves pétrolières disponibles seront épuisées. Nous présentons dans ce travail une configuration d'un système hybride de génération d'énergies essentiellement sur des énergies renouvelables pour l'autonomie énergétique. Le système étudié est composé de cellules photovoltaïques couplées avec un groupe électrogène avec une pompe immergée. L'objectif principal de ce système est de satisfaire à la demande d'eau pour les exploitations pastorales et agricoles situées à la commune Sfissifa de la wilaya de Nâama. En effet, pour vérifier la performance du système hybride pompe photovoltaïque/générateur diesel, nous avons procédé au calcul de dimensionnement en utilisant des données météorologiques du site étudié.

II.2 Le système hybride

Un système d'énergie hybride (SEH) est défini comme une installation qui utilise deux ou plus des techniques de la génération d'énergies: une ou plusieurs sources de production d'énergie classique (groupe diesel en général) et au moins une source de production d'énergies renouvelables. L'objectif d'utiliser des techniques multiples est de réunir les avantages et les meilleures caractéristiques opérationnelles de chaque système [26].

Plusieurs sources peuvent être exploitées dans les SEH. Parmi ces sources on peut distinguer les systèmes: photovoltaïque (PV), éolien, diesel, micro-turbine à gaz (μ TAG), hydraulique, l'énergie contenue dans l'hydrogène (piles à combustible), les systèmes de stockage d'énergie. Ces systèmes peuvent aussi inclure d'autres composants comme les convertisseurs statiques, la charge principale et des charges auxiliaires toutes ces composantes peuvent être connectées en différentes architectures. La figure (II.1) représente un schéma général d'un système hybride [21].

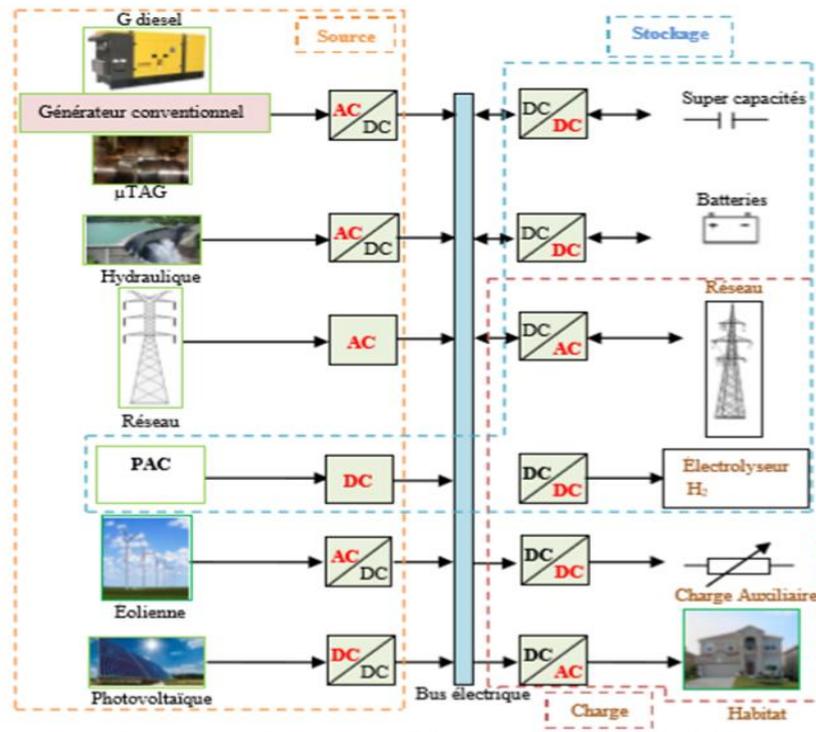


Figure II. 1: Schéma général du système d'énergie hybride [21].

Le but d'un SEH est d'assurer l'énergie demandée par la charge et, si possible, de produire le maximum d'énergie à partir des sources d'énergie renouvelable, tout en maintenant la qualité de l'énergie fournie. De plus, l'économie de carburant et la baisse de prix obtenues par la génération hybride doivent au moins couvrir l'investissement fait pour les générateurs d'énergie renouvelable et les autres composants auxiliaires du système du point de vue technologique, la fiabilité n'est pas seulement une question de respect des normes pour l'alimentation en électricité, mais aussi de maintenance, compte tenu des conditions particulières des régions isolées. Les systèmes isolés sont souvent caractérisés par une infrastructure (communication, services, etc.) pauvre, un accès difficile et un manque de personnel qualifié [21].

Les performances d'un SEH (le rendement et la durée de vie) sont influencées d'une part par sa conception, c'est-à-dire le dimensionnement des composants, le type de composants, l'architecture, et d'autre part par le choix de la stratégie de fonctionnement. Quelques paramètres permettant d'évaluer ces performances sont : l'économie de carburant, le coût du kW, le nombre et la durée des pannes, le nombre arrêts pour l'entretien etc [26].

II.2.1 Systèmes hybrides de production d'électricité

Les systèmes hybrides de production d'électricité se présentent aujourd'hui comme une alternative viable aux systèmes conventionnels utilisant uniquement des générateurs diesel. Cependant la plupart des études dans la littérature spécialisée ont été consacrés à des systèmes hybrides PV/diesel avec stockage par les batteries d'accumulateurs.

Un système hybride de production d'énergie dans sa vision la plus générale, est celui qui combine et exploite plusieurs sources disponibles interconnectés entre elles pour fournir l'alimentation électrique. Il existe plusieurs combinaisons de systèmes hybrides, à savoir : éolien-diesel, photovoltaïque-diesel, éolien photovoltaïque diesel, etc. Ces mêmes sources d'énergie peuvent être combinées avec d'autres sources de stockage d'énergie, tel que des batteries électrochimiques, le stockage utilisant l'hydrogène, des volants d'inertie, etc. La combinaison de l'énergie renouvelable avec des éléments de stockage et des groupes électrogènes, permet d'optimiser les systèmes de production d'électricité, aussi bien du point de vue technique qu'économique [27].

II.2.2 Configurations des systèmes hybrides PV/Diesel avec stockage d'énergie

Le concept d'électricité décentralisée, a encouragé le développement des moyens de production d'origine renouvelable. La tendance actuelle montre que l'intégration de ce type de ressources dans les systèmes électriques isolés se fait en association avec l'utilisation d'une source conventionnelle, tels les générateurs diesel. De cette façon, le générateur photovoltaïque travaille soit en parallèle, soit en alternance avec le générateur diesel. Il existe, en conséquence, plusieurs configurations de systèmes hybrides PV/diesel [27] à savoir :

- Les systèmes hybrides PV/diesel série
- Les systèmes hybrides PV/diesel commuté;
- Les systèmes hybrides PV/diesel parallèle.

Ces différentes configurations sont illustrées à la figure (II.2).

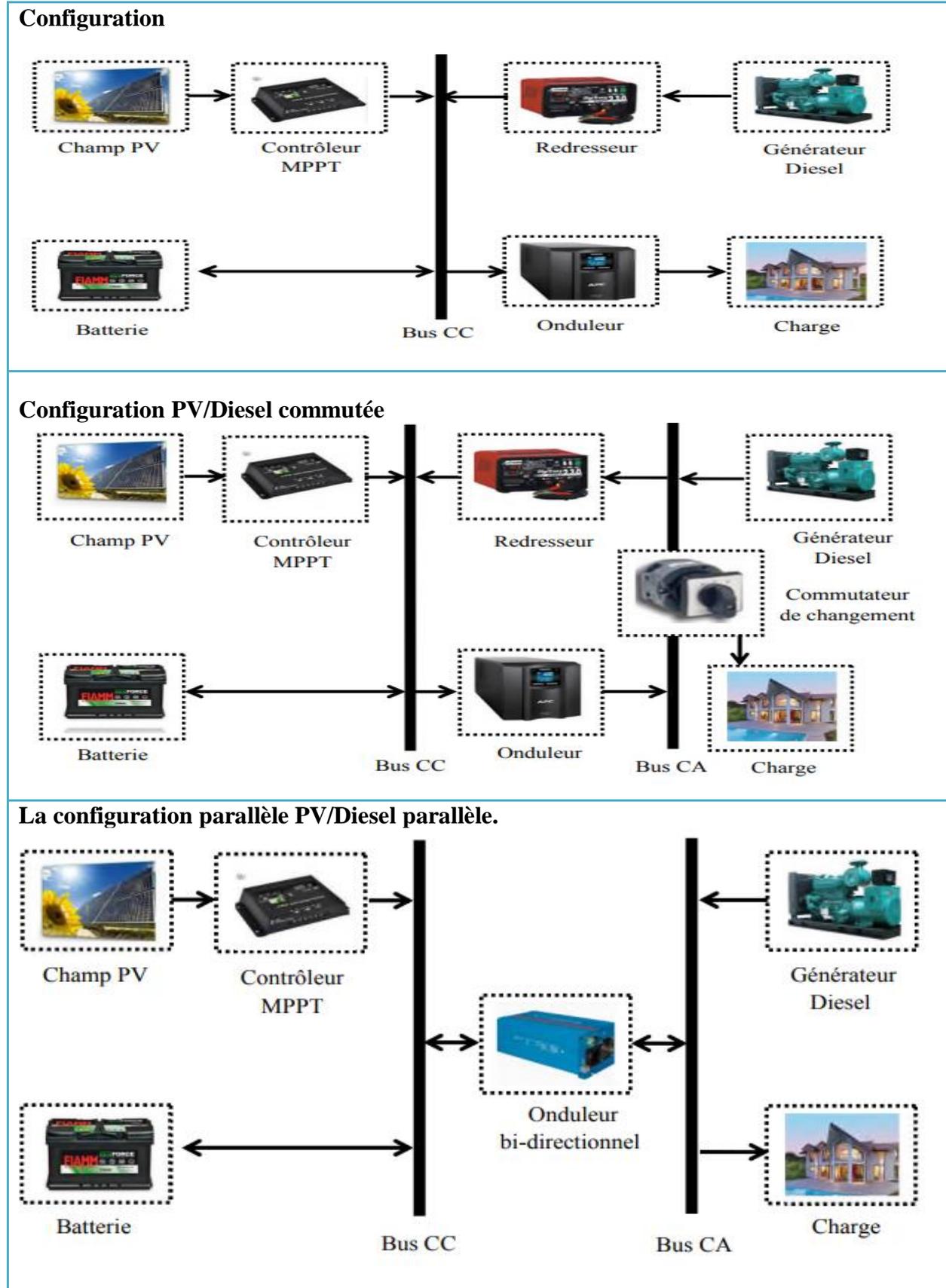


Figure II. 2: Les différentes configurations de systèmes hybrides PV/Diesel [27].

II .2 .2.1 Avantage et inconvénients des configurations de systèmes hybrides PV/Diesel

Type de configuration	Avantages	Inconvénients
Série	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La mise en marche du générateur diesel n'est pas liée avec une interruption de l'alimentation électrique. ➤ Grâce à l'onduleur, le consommateur peut être alimenté avec une tension dont la forme, l'amplitude et la fréquence sont convenables. ➤ Un dimensionnement facile du générateur. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ L'onduleur ne peut pas travailler en parallèle avec le générateur diesel. C'est pourquoi il doit être dimensionné de manière à ce qu'il puisse couvrir la charge maximale possible. ➤ Un rendement relativement faible dans le cas d'un générateur diesel à courant alternatif, parce que la puissance fournie est convertie deux fois avant d'arriver au consommateur.
Commutée	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Le générateur peut fournir l'énergie produite directement à la charge, ce qui augmente le rendement du système et diminue la consommation du carburant. ➤ Une avarie de l'onduleur n'engendrera pas l'arrêt complet de l'alimentation électrique, parce que la charge peut être satisfaite par le générateur diesel. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ L'apparition d'une coupure instantanée lors de la commutation des sources. ➤ Le générateur diesel et l'onduleur doivent être dimensionnés pour la consommation maximale du système.
Parallèle	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Les composants des systèmes n'ont pas besoin d'être dimensionnés pour la charge totale car le consommateur peut être alimenté par les deux sources en même temps. ➤ Un meilleur rendement, parce que les sources fonctionnent avec une puissance plus proche de leur puissance nominale. De plus, il n'y a pas de conversion de l'énergie produite par le générateur. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Le contrôle automatique est obligatoire pour le fonctionnement correct du système. ➤ Le convertisseur électronique doit fournir une tension sinusoïdale, pour que la synchronisation avec le générateur diesel soit possible. ➤ Nécessité d'une personne qualifiée.

Tableau II. 1: Avantage et inconvénients des configurations [28].

II.2 .3 Les différents types de systèmes PV-hybride

II.2.3.1 Système hybride Pompe-PV/DIESEL avec stockage

Le groupe électrogène fonctionnant généralement en appoint, le générateur PV fournit la plupart de l'énergie demandée à la pompe. Dans l'éventualité de mauvaises conditions météorologiques ou d'une demande excessive, le groupe électrogène est programmé pour se mettre en marche dès que la batterie d'accumulateurs est déchargée jusqu'à un certain pourcentage (50%) de sa charge nominale. De cette façon, les accumulateurs sont chargés avant qu'ils n'atteignent leur seuil d'épuisement qui risquerait de les endommager. L'utilisation de la batterie et du groupe électrogène comme appoint réduit le coût d'installation et augmente la fiabilité du système. A titre d'exemple, à Tarryall Resort, Catherine Lake, près de Keewatin (Ontario), la mise en place du système hybride PV-DIESEL avec stockage qui substituait deux groupes (un en plein temps de 7,5kW et un appoint), leur a permis de faire des économies de combustible et d'entretien au cours de la première année d'utilisation d'environ 7 000 \$. Le coût initial du système hybride élevé à 36 000 \$ a été récupéré en six ans d'exploitation [29].

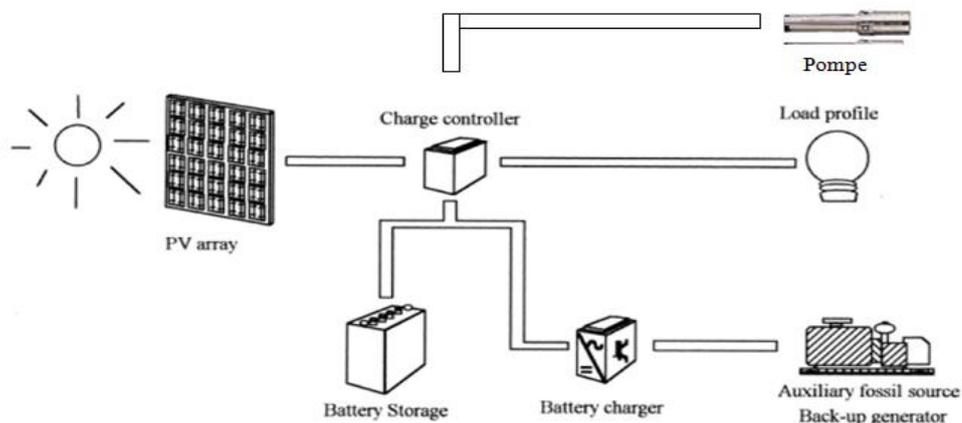


Figure II. 3 : Schéma de principe du système Pompe-PV/DIESEL avec stockage.

II.2.3.2 Système hybride Pompe-PV/diesel sans stockage

Ce système d'alimentation pour le pompage d'eau qui fonctionne avec PV/diesel sans batterie existe encore dans les zones pastorales de la wilaya de Nâama en Algérie.

Dans ce type de système sans batterie, un groupe qui fonctionne en appoint aura un fonctionnement aléatoire dû à l'intermittence de la ressource solaire et du profil de charge qui peut être variable. Cela pourrait réduire sa durée de vie. Aussi, en faisant fonctionner

le générateur PV en appoint, bien qu'on réduise la taille du groupe électrogène et donc par conséquent la consommation en carburant et l'émission de CO₂, on augmente son temps de fonctionnement, ce qui réduit sa durée de vie.

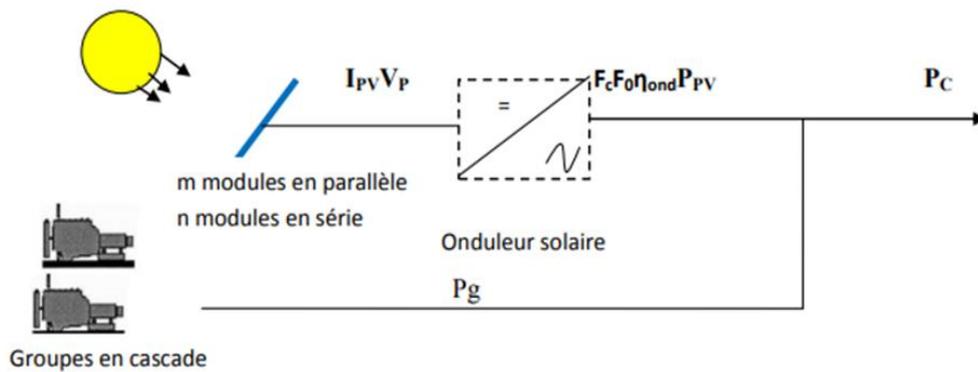


Figure II. 4: Schéma du bilan énergétique du système PV/diesel sans stockage [29].

II.3. Dimensionnement complet de l'installation étudié

II.3.1 Site d'implantation

L'étude a été basée sur les activités de pastoralisme dans la commune de Sfissifa situé à 127.5 Km du chef-lieu Nâama Algérie.

Démographie de Sfissifa	
Informations sur les habitants et la population de Sfissifa.	
Nombre d'habitants à Sfissifa	7 210 habitants (2008)
Densité de population à Sfissifa	3,1 /km ²
Géographie de Sfissifa	
Informations géographique concernant la ville de Sfissifa.	
Coordonnées géographiques de Sfissifa	Latitude: 32.7308, Longitude: -0.869014 32° 43' 51" Nord, 0° 52' 8" Ouest
Superficie de Sfissifa	234750 hectares 2 347,50 km ²
Altitude de Sfissifa	1 238 m
Climat de Sfissifa	Climat désertique sec et froid (Classification de Köppen: BWk).

Tableau II. 2 : Démographie et géographie de Sfissifa [30].

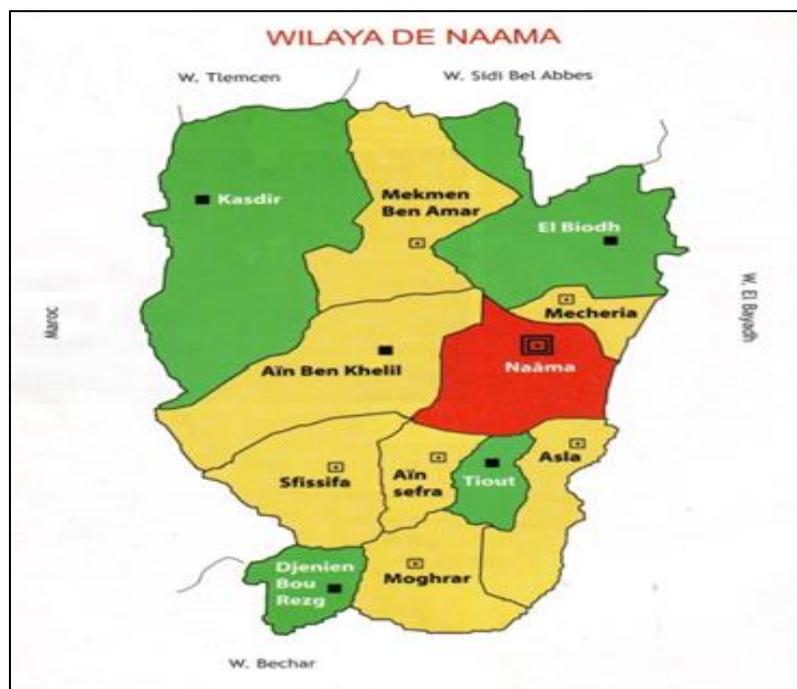


Figure II. 5 : Localisation de la commune dans la wilaya de Nâama [17].

II.3.2 Étude de cas réel pour le site de Sfisifa

- Le cheptel est estimé à Sfisifa : 148 508 têtes [31].
- Consommation moyenne annuelle des troupeaux : 20 L/têtes/ j [32].
- Consommation moyenne annuelle pour l'irrigation : 345 l/palmier/j [33].

II.3.2.1 Estimation des besoins en eau

Nous dimensionnons un système de pompage photovoltaïque, d'approvisionnement en eau pour les activités de pastoralisme/irrigation dans la région Sfisifa wilaya de Nâama.

- Consommation moyenne annuelle des troupeaux : si on suppose qu'on possède 100 têtes donc la consommation sera $720 \text{ m}^3/\text{an}$
- Consommation moyenne annuelle pour l'irrigation : si on suppose qu'on possède 20 palmiers donc la consommation sera : $2484 \text{ m}^3/\text{an}$.
- Forage d'une HMT égale 100 m.

II .3.2.2 Rayonnement solaire

Le tableau ci-après donne les valeurs de l'irradiation solaire en $\text{KWH}/\text{m}^2/\text{an}$ pour des rayons incidents sur un plan incliné d'un angle optimal saisonnier sur le site de Nâama.

La wilaya	Irradiation Solaire GHI (KWh/m ² /an)
Nâama	2.7-3.8

Tableau II. 3 : Irradiation solaire sue le site de Nâama [34].

II.3.2.2.1 Le rayonnement solaire globale des régions du sud de l'Algérie

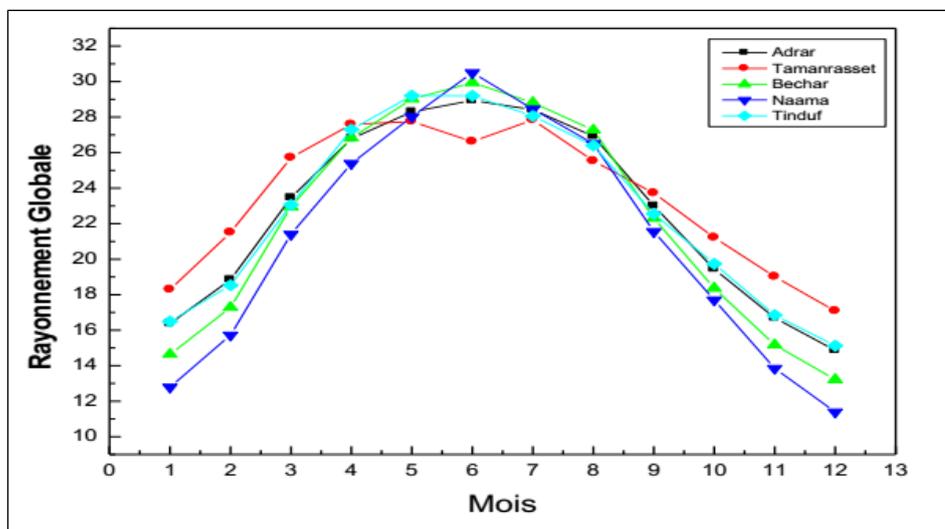


Figure II. 6: Rayonnement solaire globale des régions du sud de l'Algérie [35].

Nous pouvons observer sur la figure (II.6), que le site de Tamanrasset a la valeur maximale du rayonnement globale malgré le déséquilibre existant dans les trois mois (Mai, Juin, Juillet) [35].

II.4 Dimensionnement du système étudié

II.4.1 Etude énergétique (PV/pompe)

- Consommation moyenne journalière par tête d'ovin est estimé à 0.02 m³/j donc pour une consommation d'eau de 100 troupeaux par jour égalent à 2 m³/j.
- Consommation moyenne journalière par palmier est estimé à 0.3 m³/j donc pour une consommation d'eau de 20 palmiers par jour égalent à 6 m³/j.
- Consommation moyenne journalière totale égale à 8 m³/j d'où nous avons 2 m³/j pour abreuver les moutons plus 6 m³/j pour l'irrigation des palmiers.

II.4.1.1 Choix de la pompe

On choisit la pompe en fonction du débit et de la hauteur manométrique totale.

II.4.1.1.1 Le débit

Le débit fourni par une pompe est la quantité d'eau qu'elle refoule durant un intervalle de temps donné. En pompage solaire [36].

On calcule le débit horaire par la formule suivante [37] :

$$q = \frac{Q}{t} \quad (\text{II.1})$$

Avec :

q : Débit volumique de la pompe

t : Le temps de fonctionnement quotidien de la pompe (6 heures).

Q : La quantité d'eau nécessaire pour irriguer 20 palmiers par jour plus la quantité d'eau nécessaire pour abreuver les troupeaux de 100 têtes par jour.

II.4.1.1.2 Hauteur manométrique total (HMT)

C'est la différence de pression en mètres de colonne d'eau entre les orifices d'aspiration et de refoulement. Cette hauteur peut être calculée comme suit [38] :

$$\text{HMT} = H_g + P_c \quad (\text{II.2})$$

Avec :

H_g: Hauteur géométrique entre la nappe d'eau pompée (niveau dynamique) et le plan d'utilisation. Elle est calculée par la formule suivante :

$$H_g = H_r + N_d \quad (\text{II.3})$$

H_r : Hauteur de réservoir (m).

P_c : Pertes de charge produites par le frottement de l'eau sur les parois des conduites. Ces pertes sont fonction de la distance des conduites (*D*), de leur diamètre (*dc*) et du débit de la pompe (*Q*) et s'expriment en mètres d'eau.

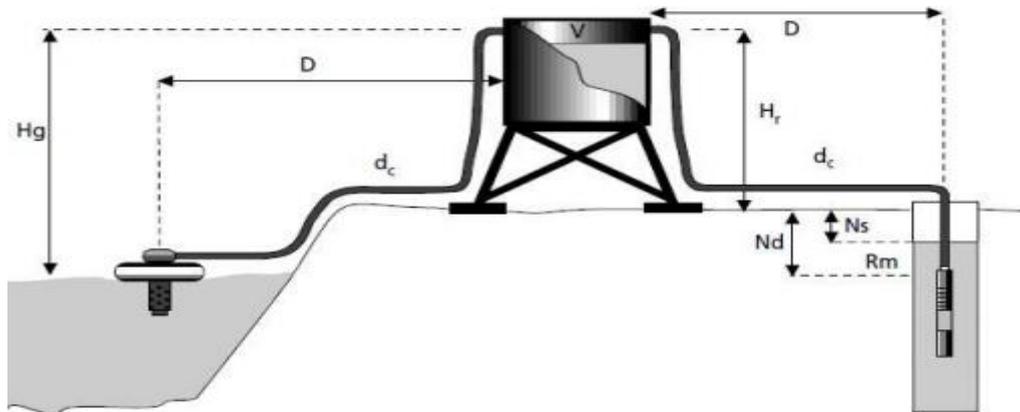


Figure II. 7: Données de base d'une pompe [38].

II.4.1.1.3 Niveau statique (N_s)

Le niveau statique d'un puits ou d'un forage est la distance du sol à la surface de l'eau avant pompage [39].

II.4.1.1.4 Niveau dynamique (N_d)

Le niveau dynamique d'un puits ou d'un forage est la distance du sol à la surface de l'eau pour un pompage à un débit moyen [39].

II.4.1.1.5 Rabattement (R_m)

Est le rabattement maximal acceptable avant de stopper la pompe. Il représente la différence entre le niveau statique et le niveau dynamique [39].

II.4.1.1.6 Les abaques

Ce sont des graphiques à lecture directe facilitant les calculs numériques. Graphiques servant à déterminer spontanément des résultats obtenus par des calculs dans un système de lignes prédéfinies et préparées d'avance. Les abaques s'exploitent par une lecture directe sans avoir à effectuer de tracés complémentaires en lisant directement les données se situant à l'intersection des droites correspondantes par la lecture du point concourant en relation avec les besoins de l'intervenant.

Les constructeurs d'équipement élaborent de tels diagrammes sur la base des données calculées ou mesurées. Ce genre de graphes donne la configuration possible d'une électropompe [40]. À titre d'exemple, la figure ci-dessous (II .8) montre les caractéristiques de l'électropompe SQF 1.2-2 données par le constructeur GRANDFOS [41].

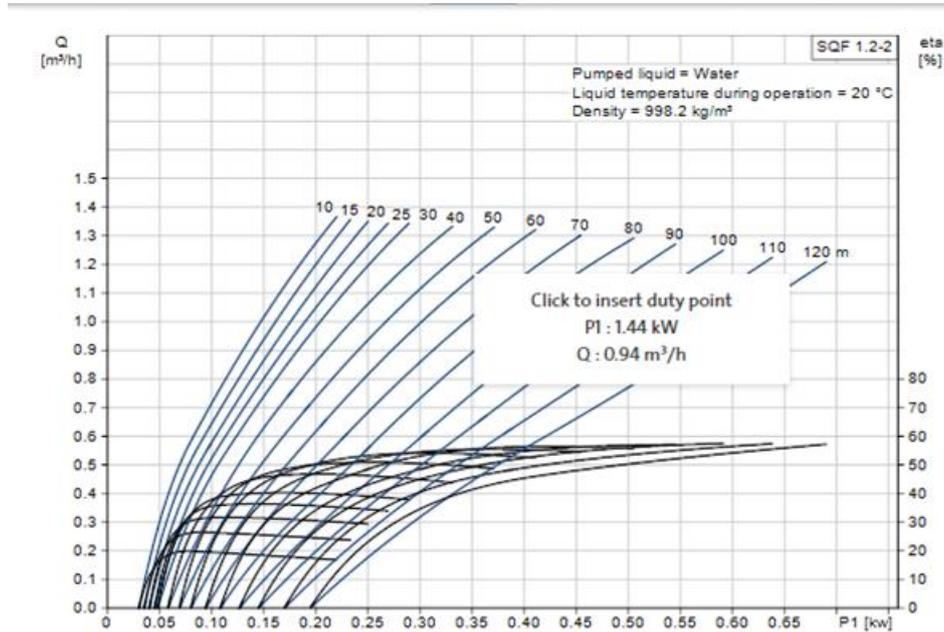


Figure II. 8: Courbe typique des performances d’une pompe en conditions d’utilisation [42].

II.4.1.2 L’énergie électrique

$$Ec = Pp \times t \tag{II.4}$$

Ec : Énergie électrique.

Pp : Puissance de pompe.

t : Nombre d’heures d’ensoleillement maximal (5.96 kWh/m²/j environ 6 heures wilaya de Nâama) [37].

II.4.1.3 Puissance crête

$$Pc = \frac{Ec \times Na}{Ir \times \eta} \tag{II.5}$$

Pc : Puissance crête.

Na : Nombre de jour d’autonomie (1Kwh/m²/jour).

Ir : est l’irradiation moyenne journalière, estimée dans notre région à 5.96 (6 approxima) kWh/m²/jour.

η: Rendement de conversion de l’onduleur est de 0.95 [37].

II.4.1.4 La capacité du réservoir

Rappelons que la technique de pompage choisi pour notre cas est le pompage dit « au fil De soleil ». Le stockage de l'eau est effectué dans un réservoir. La capacité de ce dernier est calculée pour répondre au besoin d'eau pendant les jours d'autonomie. Celui-ci varie d'un à plusieurs jours. Pour notre exemple, la capacité de stockage est calculée pour assurer deux jours d'autonomie [40]. Ont réalisés des travaux d'ouvrage de stockage d'eau d'un volume de 250 m³ cubes commune d'Aïn Sefra [43].

➤ Pompage « au fil du soleil »

Le pompage « au fil du soleil » permet d'avoir un système photovoltaïque simple, fiable et moins couteux. Ici l'eau est pompée et stockée dans un réservoir, au fil de la journée. On parle alors d'un stockage hydraulique. L'eau stockée sera distribuée au besoin [44].

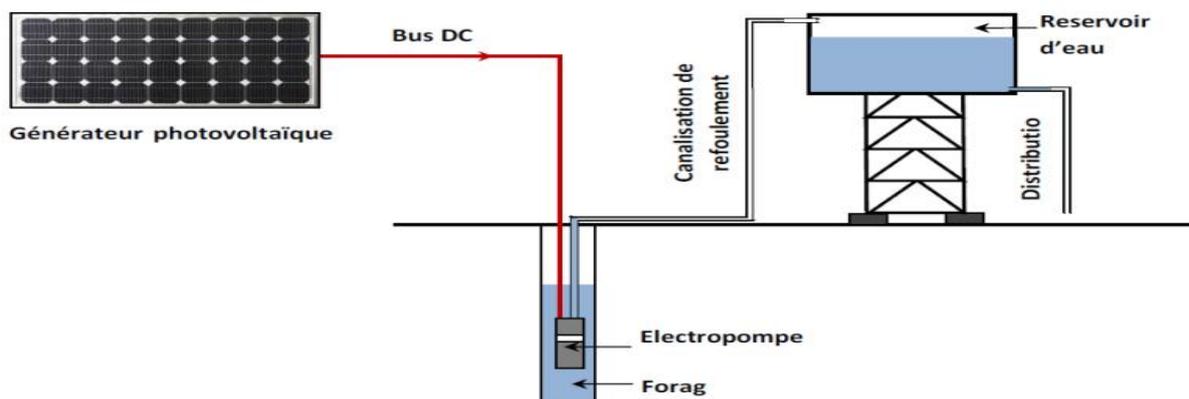


Figure II. 9 : Schéma du principe de pompage au fil du soleil [39].

II.4.1.5 Nombre de module

Le nombre total de modules photovoltaïques est calculé en rapportant la puissance globale du champ à celle (N_M) d'un seul module :

$$N_M = \frac{P_c}{P_M} \tag{II.6}$$

Avec :

P_c : La puissance crête du générateur.

P_M : La puissance du module PV.

II.4.1.5.1 Le nombre de modules en série

$$N_s = \frac{V_{ch}}{v_{mpp}} \tag{II.7}$$

v_{mpp} : Tension à puissance max.

V_{ch} : La tension du champ photovoltaïque.

II.4.1.5.2 Tension de fonctionnement du champ photovoltaïque

On choisit la tension de fonctionnement en fonction de la puissance crête du champ photovoltaïque en watt. De façon générale [45] :

Puissance crête (W_c)	Moins de $500W_c$	De $501W_c$ à $2000W_c$	De $2001W_c$ à $10000W_c$	Plus de $1000 W_c$
Tension de champ (V)	12	24	48	96

Tableau II. 4: Tension du champ en fonction de sa puissance crête [45].

II.4.1.5.3 Le nombre de modules en parallèle

$$N_p = \frac{N_M}{N_s} \tag{II.8}$$

II.4.1.6 Application numérique

➤ **Le débit**

$$q = \frac{Q}{t} \tag{II.9}$$

Ce qui donne :

$$q = \frac{8}{6} = 1,33m^3/h \tag{II.10}$$

➤ **Hauteur manométrique total**

Pour notre station de pompage, nous avons choisi une hauteur manométrique totale de 100m.

➤ **Caractéristiques de la pompe**

Le tableau suivant représente les caractéristiques de la pompe immergée choisie pour l'installation selon le débit obtenue (pour plus d'informations voir l'annexe A):

Type	Pompe immergée
Modèle	SQF 1.2-2
HMT max	120m
débit max	1,3m ³ /h
Puissance absorbée	1,4KW

Tableau II. 5: Caractéristiques de la pompe immergée [41].

Le modèle SQF 1.2-2 Convient à :

- Solutions solaires d'approvisionnement en eau.
- Approvisionnement en eau des populations.
- Abreuvement du bétail.
- Systèmes de pompage solaires.



Figure II. 10: Pompe immergée [41].

➤ **L'énergie électrique**

$$Ec = Pp \times t \tag{II.11}$$

Ce qui donne :

$$Ec = (1,4) \times 6 = 8,4 \text{ Kwh} \tag{II.12}$$

➤ **La puissance crête**

$$Pc = \frac{Ec \times Na}{Ir \times \eta} \tag{II.13}$$

Ce qui donne :

$$P_C = \frac{(8.4 \times 1)}{(6 \times 0.95)} = \frac{8.4}{5.7} = 1.47 \text{ Kw} = 1473 \text{ Wc} \quad (\text{II.14})$$

$V_{ch} = 24\text{V}$ (Entre 501 et 2000 wc)

➤ **Nombre de module**

$$N_M = \frac{P_C}{P_M} \quad (\text{II.15})$$

Ce qui donne :

$$N_M = \frac{1473}{120} = 12.27 \quad (\text{II.16})$$

Donc on utilise 12 panneaux de 120 Wc

❖ **Nombre de module en série**

$$N_S = \frac{V_{ch}}{v_{mpp}} \quad (\text{II.17})$$

Ce qui donne :

$$N_S = \frac{24}{18.03} = 1.33 \quad (\text{II.18})$$

Donc on utilise 2 panneaux de 120Wc connectés en séries.

❖ **Nombre de module en parallèle**

$$N_p = \frac{N_M}{N_S} \quad (\text{II.19})$$

Ce qui donne :

$$N_p = \frac{12}{2} = 6 \text{ Modules} \quad (\text{II.20})$$

Donc on utilise 6 panneaux de 120 Wc connectés en parallèles.

Donc le choix des modules PV pour l'installation est du type Poly cristallin fabriquant « AVANCIS » (vous trouvez plus de détail sur le fabricant à l'annexe B) et les caractéristiques sont illustrés sur le tableau (II.6).

Chapitre II : Dimensionnement du système hybride pour les exploitations pastorales

Type de module	Poly cristallin
Puissance	120W
Tension à puissance max V_{mpp}	18.03V
Courant à puissance max I_{mpp}	6.75A
Tension en circuit ouvert V_{oc}	22.6V
Courant de court-circuit I_{sc}	7.10A
Nombre de cellules	36
Dimensions des cellules	156*125mm
Fusibles en série	15A maxi
Coef. de température P_{max}	-0.47%/°C
Coef. de température I_{sc}	0.045%/°C
Coef. de température V_{oc}	-0.34%/°C
Température fonctionnement cellule nom.	45±2°C
Couleur du fond	Blanc
Cadre aluminium	Alu
Dimensions extérieures	1200*670*35mm
Poids	8.2kg

Tableau II. 6 : Caractéristiques techniques du panneau photovoltaïque installé [46].

II.4.2 Étude économique

II.4.2.1 Calcul de l'investissement total

L'investissement initial permet à l'utilisateur de savoir quel est le prix qu'il va devoir payer lors de l'installation de son système. Le tableau suivant (II.7) montre l'étude économique du matériel du système installé :

	Prix unité	nombre	Prix total
Module PV	16000 ,00 DA	12	192000 DA
Câblage	150DA	100m (4mm*1)	15000DA
Electropompe	207000,00DA	1	207000 ,00 DA
Groupe électrogène	47000DA	1	47000 DA
			461000 DA

Tableau II. 7 : L'investissement total de l'installation.

II.4.2.2 Calcul des coûts sur la durée de vie (life cycle cost)

II.4.2.2.1 Calcul de l'amortissement total

On note que les hypothèses retenues, relatives à la durée de vie pour chacun des éléments du système, sont données ci –après [40]:

Equipements	Générateur PV	Electropompe	Onduleur	Forage	Réservoir	accessoires
Durée de vie (an)	20	7	7	20	20	20

Tableau II. 8 : Les estimations des durées de vie des composants [40].

II.4.2.2.2 Calcul de l'entretien et de la maintenance annuel total

Malgré la fiabilité des pompes solaires, il est indispensable de veiller à leur bon fonctionnement par un entretien périodique. Dans la mesure où les hypothèses de départ peuvent être différentes, le coût de l'entretien est très difficile à évaluer dans le temps. Pour calculer un coût moyen annuel, l'approche la plus raisonnable est basée sur une expérience vécue sur le terrain qui, aussi théorique qu'elle soit, donnerait un ordre de grandeur réaliste [47].

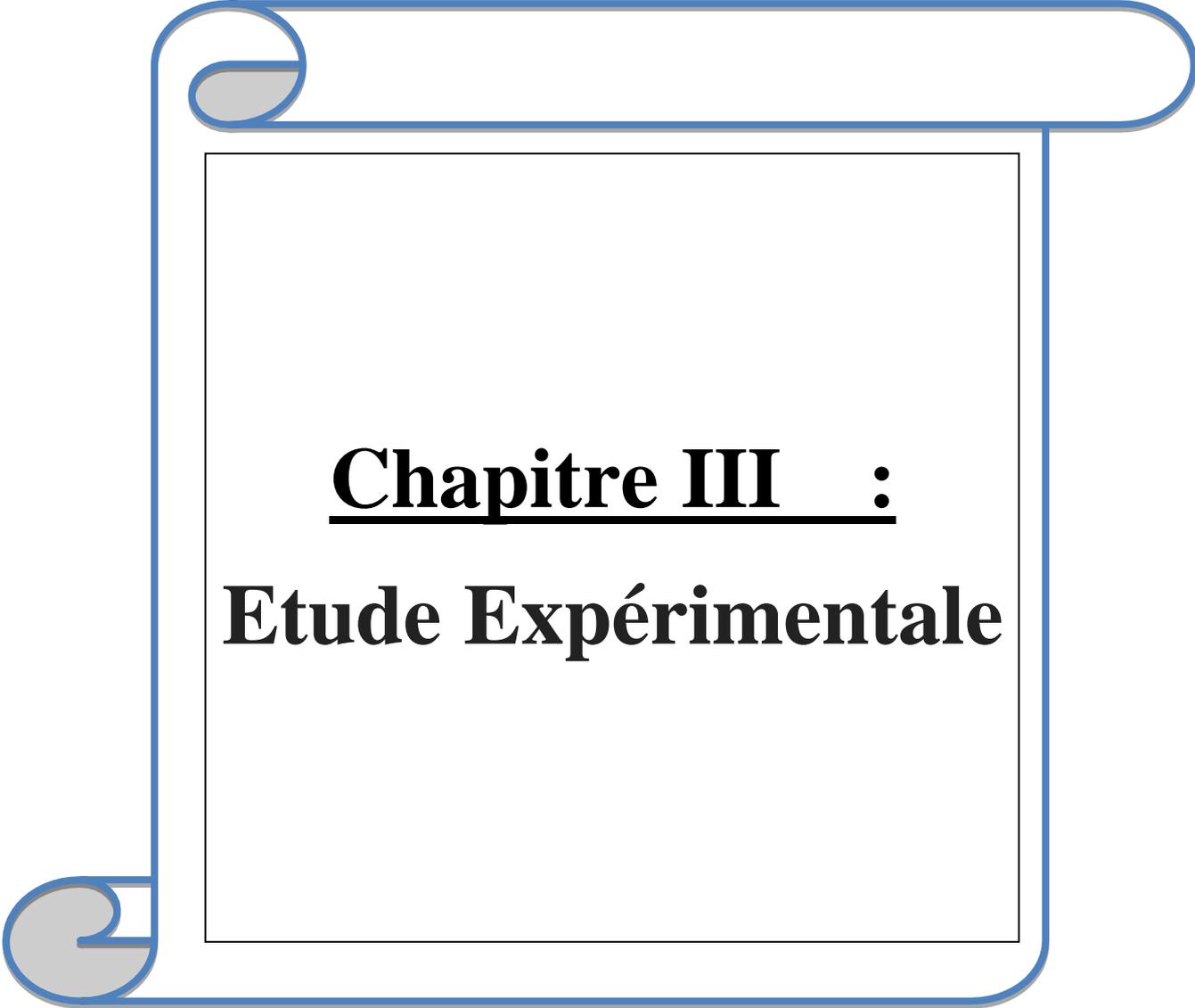
	Prix total	Coefficient	Coût par année
Module PV	192000 DA	0.02	3840 (cout/an(DA))
Electropompe	207000,00DA	0.02	4140 (cout/an(DA))
Câblage	15000DA	0.02	300 (cout/an(DA))
Groupe électrogène	47000 DA	0,02	9400 (cout/an(DA))
			17680 (cout/an(DA))

Tableau II. 9 : Coût d'entretien total.

II.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons étudié le pompage « au fil du soleil » qui permet d'avoir un système photovoltaïque simple, fiable et moins coûteux. Ici l'eau est pompée et stockée dans un réservoir, au fil de la journée. On parle alors d'un stockage hydraulique. L'eau stockée sera distribuée au besoin déterminé et pour assurer une certaine autonomie dans les jours d'ensoleillement faible.

De plus nous avons déterminé le dimensionnement des différentes parties du système d'énergie hybride étudié et installé (Pompe -PV/groupe diesel) dans la zone pastorale de Sfisifa de la wilaya de Nâama afin de gérer l'entrée de ces données dans le programme de simulation étudiée au chapitre IV.



Chapitre III :
Etude Expérimentale

III.1 Introduction

Ce chapitre fournit une description du dispositif expérimental : le système de pompage photovoltaïque utilisé dans notre étude au niveau du laboratoire des énergies renouvelables au Centre universitaire Salhi Ahmed- Naâma pour une durée de 7 jours, à savoir sa composition, son principe de fonctionnement, la description de la procédure expérimentale et les résultats obtenus.

III.2 Présentation d'un puits solaire

SOLPUITS est une station de pompage solaire totalement autonome en énergie électrique. La figure (III.1) ci-dessous représente le schéma de câblage du SOLPUITS.

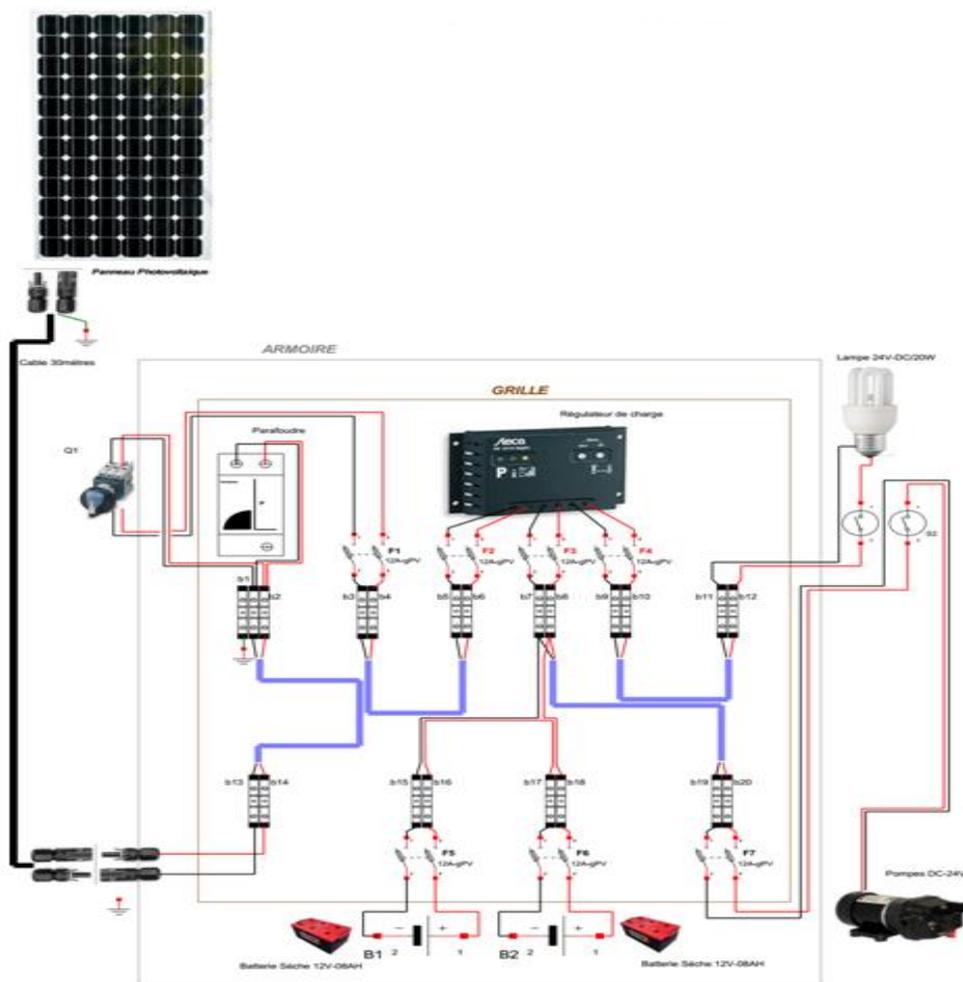


Figure III. 1: Schéma de câblage du SOLPUITS [48].

Les comparatifs entre l'étude théorique et pratique ci-dessous nous confirment l'importance de l'inclinaison des panneaux PV et le rayonnement solaire dans le calcul du rendement global du système. Pour confirmer encore plus ce résultat, nous avons profité de la

disponibilité du matériel dans le laboratoire de l'énergie renouvelable de la faculté des sciences et technologie au Centre universitaire Salhi Ahmed- Naâma pour faire une expérimentation dans ce sens-là.

III.3 Les composants de la station de pompage solaire autonome

La station de pompage solaire autonome étudiée dans la figure (III.2) contient plusieurs éléments différents représentés comme suit :



1. Panneau Photovoltaïque.
2. Câble de 30 mètres pour la liaison du panneau solaire vers l'armoire technique.
3. Cuve de 100 litres représentant la nappe d'eau phréatique.
4. Armoire technique.
5. Remplissage de la cuve.
6. Cuve de réserve d'eau équipée d'un robinet d'évacuation de l'eau.
7. Pompe de surface solaire.

Figure III. 2: Les composants de la station de pompage solaire autonome [48].

III.3.1 Présentation de panneau photovoltaïque

Le module solaire photovoltaïque est un générateur électrique à courant continu, il est constitué d'un ensemble de cellules photovoltaïques, nos module inclinable (figure III.3) utilisée pour les mesures expérimentales, il est du type **JW-G1950/JW5672**, marque **GALIX JIAWEI EUROPE**, à technologie monocristalline, dont les caractéristiques techniques sont résumés par le tableau (III.1) :



Figure III. 3: Générateur photovoltaïque JW-G1950/JW5672.

Paramètres électriques	Valeurs (1000 W/m ² , Spectrum AM 1,5, Cella température. 25°C)
Puissance maximale <i>P_{max}</i>	195 W
Courant de court-circuit <i>I_{sc}</i>	5.82 A
Tension à circuit ouvert <i>V_{oc}</i>	44.90 V
Courant maximal <i>I_{mp}</i>	5.38 A
Tension maximal <i>V_{mp}</i>	36.40V
3 Diode by-pass	11A
Fusible	9A
Cellules solaires	72

Tableau III. 1: Caractéristiques de module solaire JW-G1950/JW5672 [48].

➤ Angle d'inclinaison

On appelle inclinaison, l'angle β que fait le panneau avec le sol. Il est important de bien choisir cet angle, car 20° d'erreur dans l'inclinaison, entraînent une perte de 10% de l'énergie annuelle fournie par le panneau.

Dans ce travail expérimental, nous avons choisi quatre angles différents d'inclinaison à chaque heure :(25° à 9h ,35° à 10h ,50° à 11h ,75° à 12h).



Figure III. 4: Rapporteur d'angle d'inclinaison.

III.3.2 Armoire technique

L'armoire technique étudiée dans la figure (III.5), la figure (III.6), contient plusieurs éléments représentés comme suit :



1. Interrupteur pour commander le fonctionnement de la pompe
2. Interrupteur pour commander le fonctionnement de l'éclairage.
3. Régulateur de charge 24VDC
4. Eclairage 24VDC

Figure III. 5: Armoire technique.

➤ Les composantes intérieures de l'armoire



5. Connectiques photovoltaïques pour la liaison du panneau solaire.
6. Interrupteur sectionneur pour isoler le panneau solaire de l'armoire.
7. Batteries au Gel 24V-14Ah.
8. Parafoudre DC.
9. Régulateur de charge.
10. Protection par coupe circuit à fusibles bipolaire.
11. Câblage.

Figure III. 6: Les composantes intérieures de l'armoire.

III.3.3 Cuve de réserve d'eau équipée d'un robinet d'évacuation de l'eau

Dans la cuve de réserve d'eau nous avons utilisé dans l'étude expérimentale un remplissage de bassin à 20 L pour mesurer la durée de remplissage d'eau et le reste à 10 L pour assurer l'autonomie de notre système.

III.3.4 Pompe de surface solaire

La figure (III.7), illustre une pompe de surface solaire contient 24VDC-6A 140W nominaux. Dans notre travail expérimental nous avons remarqué que le régulateur affiche la consommation de la pompe à 3.6 A.



Figure III. 7 : Pompe de surface solaire.

III.4 Schéma simplifié de câblage du SOLPUIT

Dans ce schéma ci-dessous, nous expliquons les rôles de chaque composant :

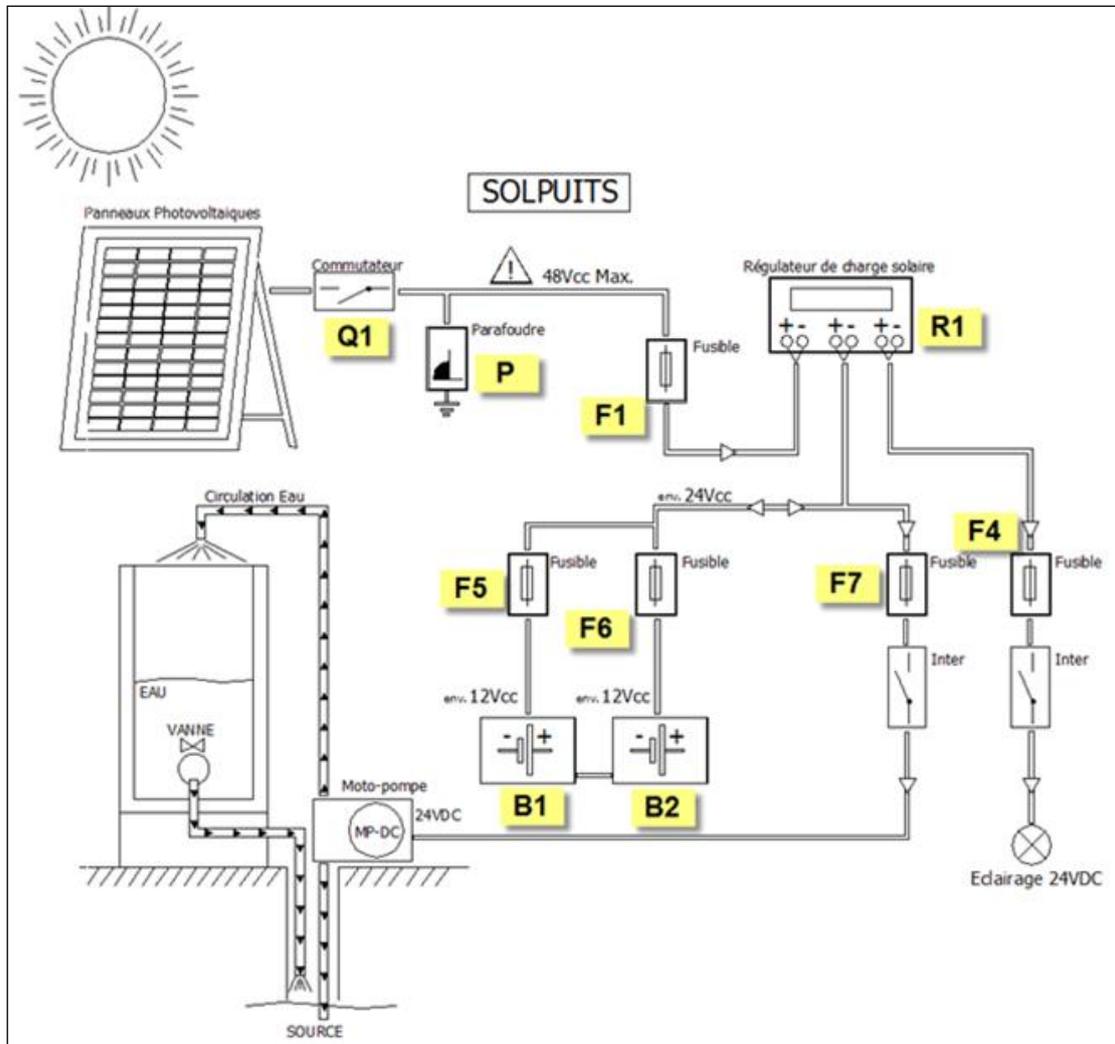


Figure III. 8: Schéma simplifié de câblage du SOLPUIT [48].

III.4.1 Rôles de chaque composant

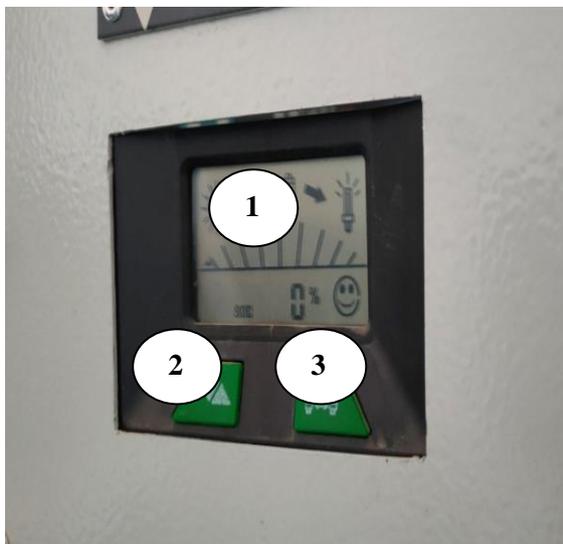
- **F1 à F7 : Fusible**, type 1000VDC, permet de protéger le circuit continu des panneaux et des composants solaires contre les courts circuits. Cartouches à fusible.
- **Q1: Commutateur/Sectionneur** qui permet d'isoler le réseau continu provenant des panneaux solaires pour par exemple les travaux de maintenance.
- **P : Parafoudre** conçu pour assurer la protection contre les surtensions transitoires d'origine foudre des réseaux d'alimentation photovoltaïque.

- **R1 : Régulateur de charge** permet de réguler la charge de la batterie et fournir une tension de 24VDC stable malgré la variation de tension produite par les panneaux solaires.
- **B1/B2 : Batteries** permettent de restituer la nuit l'énergie emmagasinée le jour. (24VDC-14Ah).

III.4.1.1 Rôle en particulier du régulateur de charge

Le régulateur a pour rôle d'ajuster la tension de sortie à une valeur comprise entre 24 et 27,8VDC optimale pour charger les batteries.

- **Affichage et éléments de commande**



1. Fenêtre d'affichage pour informations système et messages d'erreur
2. Bouton pour changer de fenêtre d'affichage ou pour appeler les réglages
3. Commutateur de charge manuel ou touche de confirmation dans le mode de réglage

Figure III. 9: Régulateur de charge.

III.5 Les appareils de mesure

Les appareils de la figure (III.10) ci-dessous ont été utilisés pour nos travaux expérimentaux :



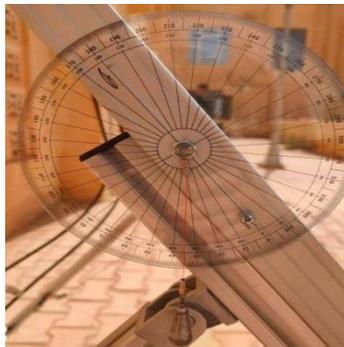
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figure III. 10 : Les Appareils de mesure utilisée.

- a) **Le pyranomètre** : c'est un appareil mesura le rayonnement solaire .
- b) **Le multimètre** :un testeur, permet de réaliser plusieurs types de mesures électriques avec un seul appareil. Il remplit le plus souvent le rôle de Voltmètre, d'Ampèremètre et d'Ohmmètre, températureetc.
- c) **Le pv analyzer** : utilisé pour le test de courbe I-V pour panneau/module solaire.
- d) **Rapporteur circulaire** : c'est un outil utilisé pour calculer l'angle d'inclinaison.
- e) **La boussole** : Un instrument de navigation pour déterminer la direction par rapport aux pôles de la Terre.
- f) **chronomètre** : une horloge précise utilisée pour mesurer le temps du remplissage de bassin étudiée.

III.6 Le système solar module analyzer

Le système solar module analyzer assure les fonctionnalités suivantes :

- Test de courbe I-V pour panneau/module solaire.
- Recherche de puissance solaire maximale (P_{max}) par auto-scan (60V, 6A).
- Tension maximale (V_{maxp}) à P_{max} .
- Courant maximum (I_{maxp}) à P_{max} .
- Tension en circuit ouvert (V_{open}).
- Courant en court-circuit (I_{short}).
- Courbe I-V avec curseur.
- Calcul de l'efficacité du panneau (%).
- Test manuel en un seul point.
- Enregistrement des données en temps réel.
- Téléchargement sur PC.

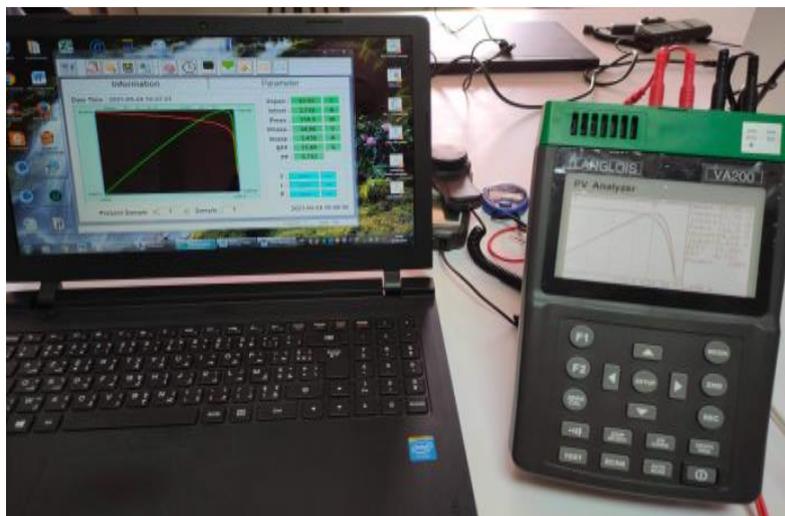


Figure III. 11: PV logiciel (Solar module analyzer-6A).

Les résultats expérimentaux de notre expérience du mardi 18/05/2021 mentionner à 9 h ,10h, 11h et 12h, le programme connecté à l'appareil pv analyzer a donné les courbes illustrées à la figure (III.12) suivantes :

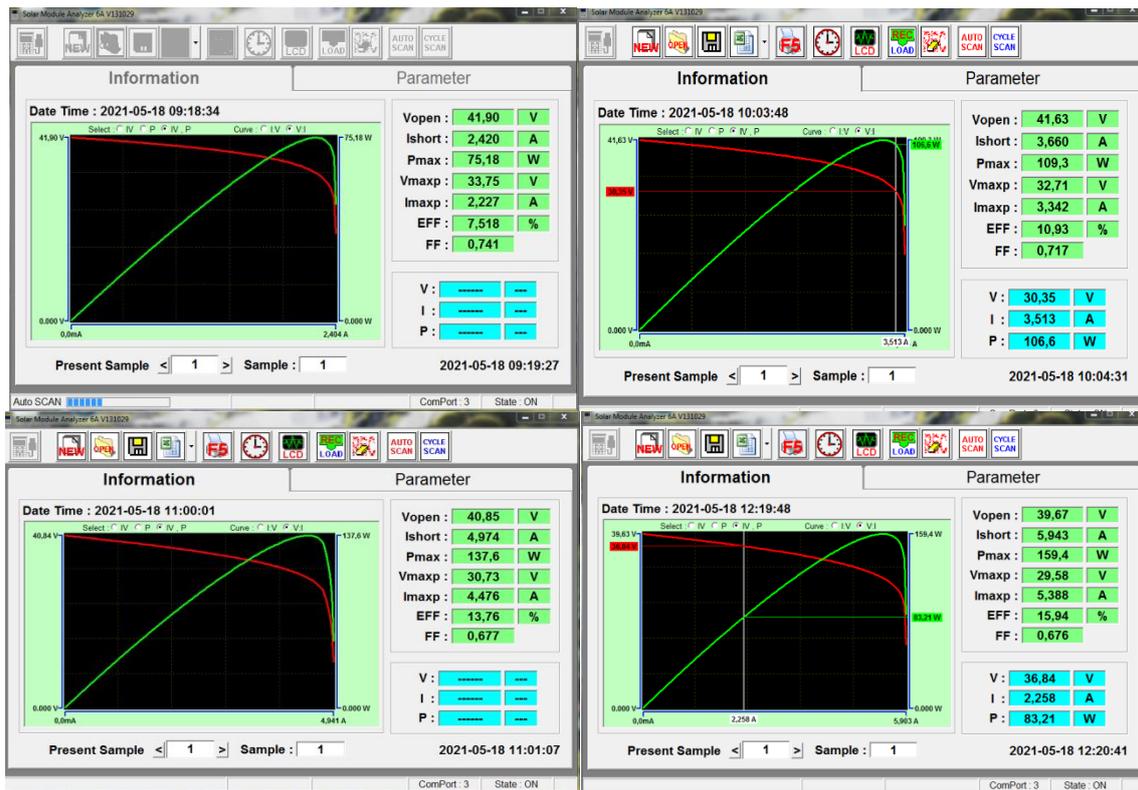


Figure III. 12: Les courbes du système Solar module analyzer étudiée.

III.7 Description de la procédure expérimentale

- a) Placer le panneau photovoltaïque dans un endroit ensoleillé dans la direction du sud et suivant des inclinaisons choisi à savoir; 25° , 35° , 50° , 75° , voir la figure (III.13) :



Figure III. 13: Inclinaisons du panneau solaire.

- b) Relier ce panneau à l'appareil de mesure PV Analyzer.
- c) Relier l'appareil de mesure PV analyzer avec logiciel (Solar module analyzer-6A).
- d) Relier ce panneau avec armoire technique, pour mesurer la durée de remplissage d'eau.

- e) Actionner l'interrupteur principal, puis l'interrupteur de démarrage de l'installation.
- f) Prélever l'intensité de la lumière, la température, le rayonnement du panneau chaque heure pour les différentes inclinaisons.

III.8 Résultats expérimentaux

- Les tableaux globaux de nos résultats lors des expériences expérimentales au sein du laboratoire des énergies renouvelable sont données à l'annexe C.
- Le tableau (III.2) représente des valeurs prises le jeudi (20/05/2021) en fonction des heures suivantes : 9h, 10h, 11h et 12h, montre les différentes valeurs de rendement pour les différentes valeurs d'angle d'inclinaison illustré à la figure (III.14).
- Le tableau (III.3) représente les valeurs prises le dimanche (16/05/2021) en fonction des heures 9h, 10h, 11h et 12h, montre les différentes valeurs de rayonnement pour les différentes valeurs d'angle d'inclinaison illustré à la figure (III.15).
- **Jeudi (20/05/2021) :**

Heure (h)	Rendement(%)	L'angle d'inclinaison (°)
9 h	8,211	25
10 h	11,9	35
11 h	14,86	50
12 h	17,19	75

Tableau III. 2: Les différentes valeurs du rendement en fonction de l'angle d'inclinaison le jeudi 20.05.2021.

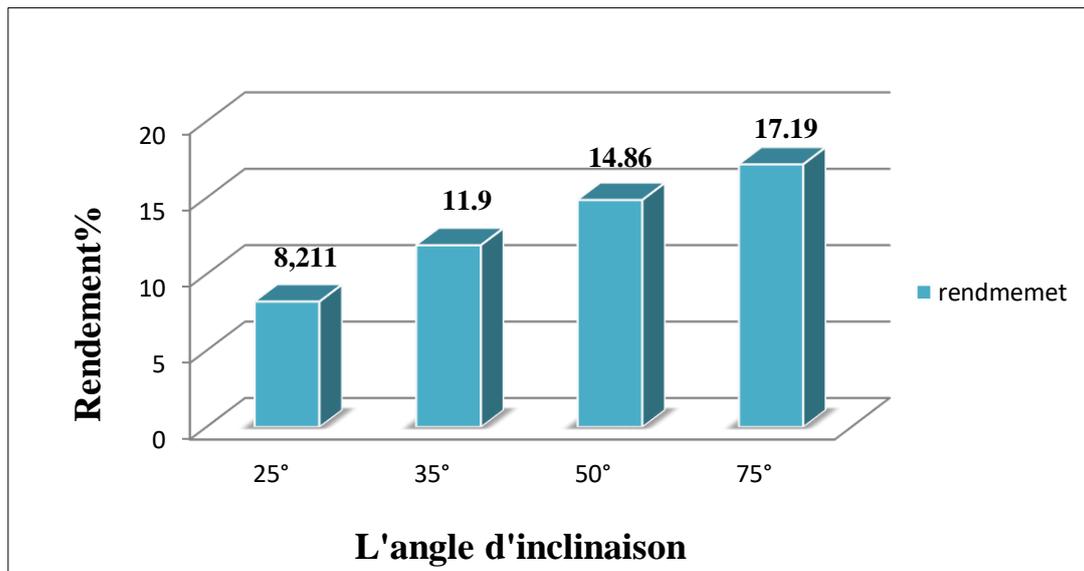


Figure III. 14: Le rendement en fonction de l'angle d'inclinaison.

Le graphique à barres représentant les variations du rendement en matière d'angle d'inclinaison.

On note dans le graphique ci-dessus que le pourcentage de rendement augmente avec l'augmentation de l'angle d'inclinaison, alors que nous avons enregistré la valeur la plus faible valeur du rendement à un angle d'inclinaison 25° avec un rendement enregistré de 8.211%, et le meilleur rayonnement à un angle de 75° avec un rendement enregistré de 17.19% à 12h.

Donc, nous concluons que l'angle d'inclinaison affecte fortement sur le pourcentage de rendement solaire.

➤ **Dimanche (16/05/2021) :**

Heure (h)	Rayonnement (w/m^2)	L'angle d'inclinaison (°)
9 h	668	25
10 h	780	35
11 h	930	50
12 h	1021	75

Tableau III. 3 : Les différentes valeurs du rendement en fonction de l'angle d'inclinaison le dimanche 16.05.2021.

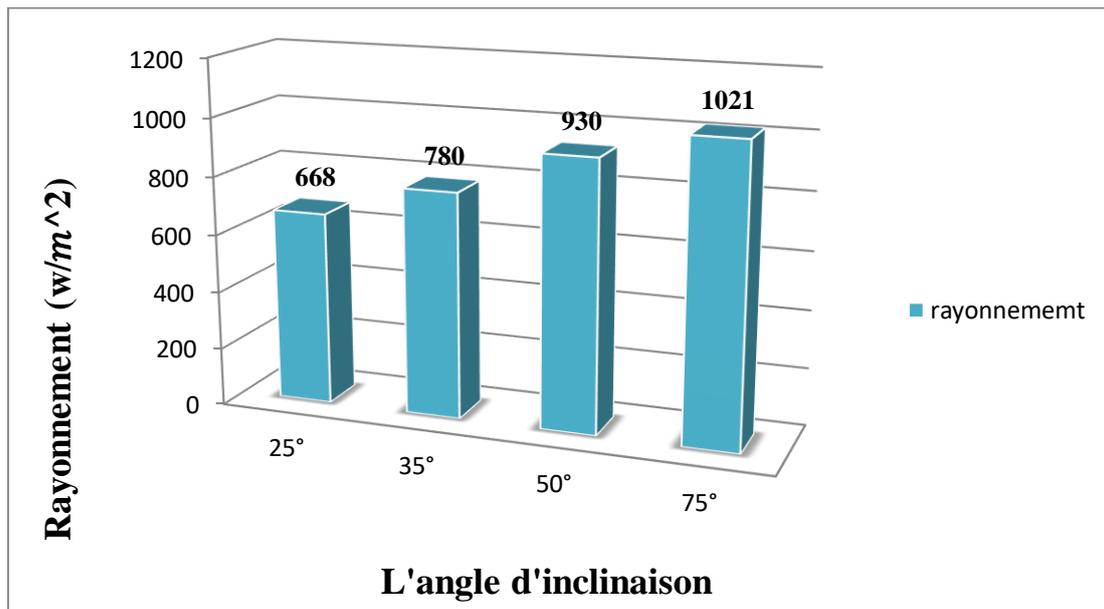


Figure III. 15: Le rayonnement en fonction de l'angle d'inclinaison.

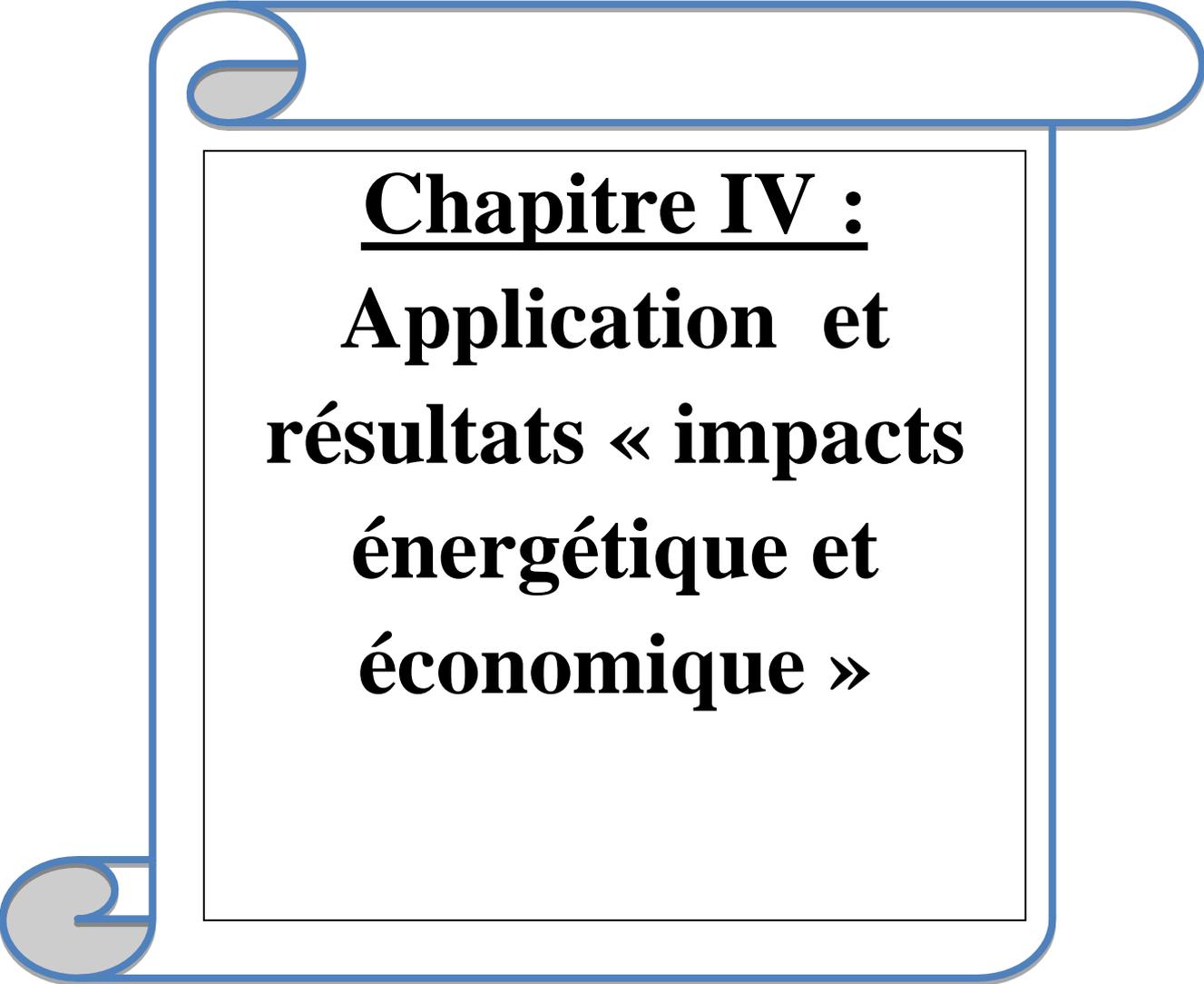
Nous remarquons dans le graphe ci-dessus (figure III.15) que le rapport de rayonnement augmente à mesure que nous augmentons le rapport de l'angle d'inclinaison, alors que nous avons enregistré la valeur la plus faible du rayonnement à un angle d'inclinaison 25° avec un rapport enregistré de 668 w/m^2 , et le meilleur rayonnement à un angle de 75° avec un rapport enregistré de 1021 w/m^2 à 12 h.

Donc, nous concluons que l'angle d'inclinaison affecte fortement sur le pourcentage de captage du rayonnement solaire

III.9 Conclusion

À travers ce chapitre et dans le cadre de notre projet nous présentons l'ensemble des résultats obtenus qui sont réalisés par le logiciel «solar module analyzer». Les conditions des tests effectués représentent les variations du rendement en fonction du rayonnement solaire et l'angle d'inclinaison ainsi que l'évolution de la température pendant les journées des tests.

Les résultats obtenus nous ont permis de confirmer l'influence de l'inclinaison des panneaux solaires sur le rayonnement, le rendement et sur les performances du système de pompage d'eau dans un site isolé.



Chapitre IV :
Application et
résultats « impacts
énergétique et
économique »

IV.1 Introduction

Ce chapitre est consacré à l'étude de simulation de notre système hybride photovoltaïque pompage -groupe diesel dans la zone pastorale Sfissifa à la wilaya de Nâama.

Les logiciels de simulation que nous avons utilisée c'est le PVsyst et Homer, répond correctement au choix des composants constituant notre installation, plusieurs résultats sont obtenus avec meilleurs des perspectives.

IV.2 Simulation par PVsyst

IV.2.1 Présentation de PVsyst

PVsyst est un logiciel conçu pour être utilisé par les architectes, les ingénieurs et les chercheurs, mais c'est aussi un outil pédagogique très utile. Il inclut une aide contextuelle approfondie, qui explique en détail la procédure et les modèles utilisés et offre une approche ergonomique avec guide dans le développement d'un projet.

PVsyst permet d'importer des données météo d'une dizaine de sources différentes ainsi que des données [48].

IV.2.2 La conception préliminaire

Le logiciel PVsyst permet le pré dimensionnement d'un projet, première évaluation des dimensions du système et de son composant le pré dimensionnement concerne trois systèmes [49]:

- couplé au réseau.
- Isolé avec batteries.
- Pompage.

IV.2.3 Conception du projet

Conception et dimensionnement final du projet dans cette option on a [49]:

- étude et analyse détaillées d'un projet.
- Calcul de la production à partir de simulations détaillées en valeurs horaires.
- Différentes variantes peuvent être simulées et comparées.
- Analysent détaillées des pertes du système.
- Evaluation économique, selon les composants réels.

Pour les systèmes de pompage, plusieurs conceptions du système peuvent être testées et comparées les unes aux autres, avec une analyse détaillée des comportements et de

l'efficacité. Les résultats comprennent plusieurs dizaines de variables de simulation, qui peuvent être affichées dans les valeurs mensuelles, quotidiennes ou horaires, et même transférés à d'autres logiciels.

Le "diagramme de perte " est particulièrement utile pour identifier les faiblesses de la conception du système.

Un rapport d'ingénieur peut être imprimé pour chaque exécution de la simulation, y compris tous les paramètres utilisés pour la simulation, et les principaux résultats.

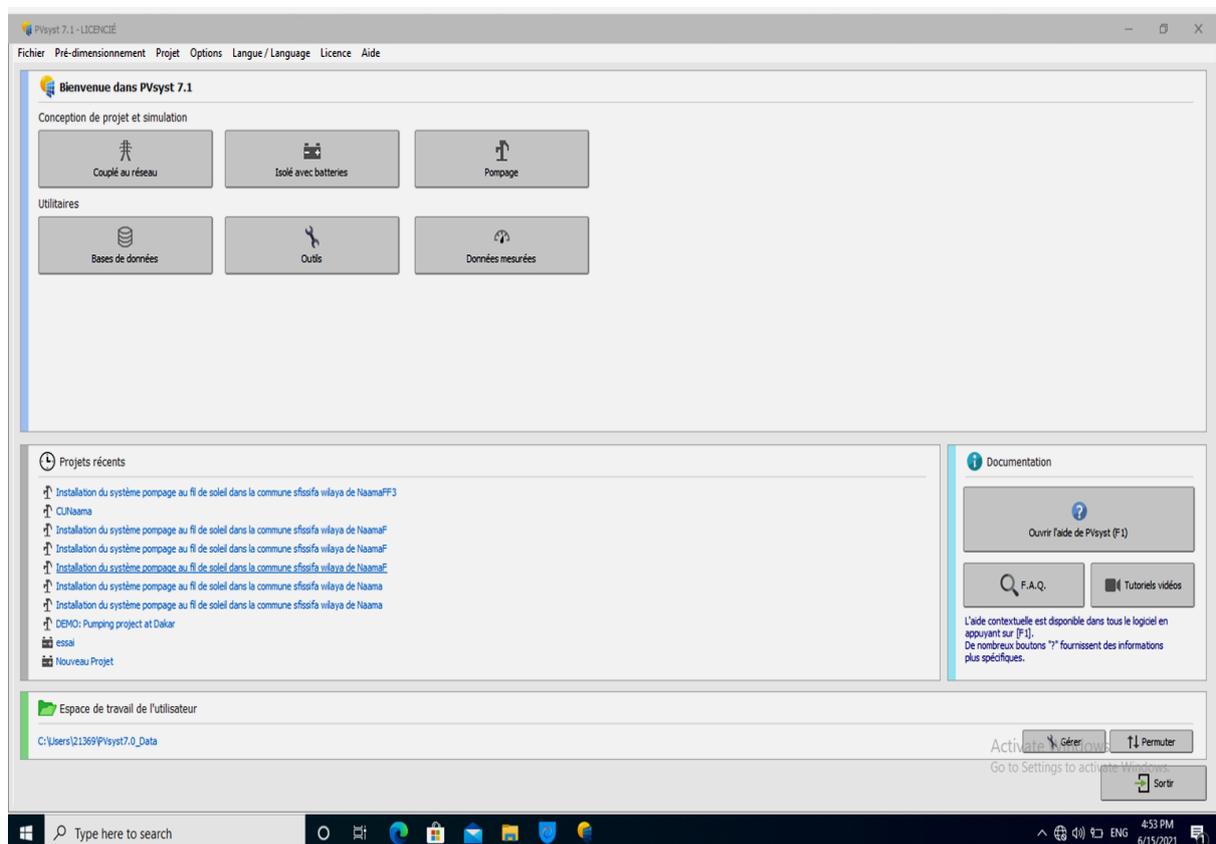


Figure IV. 1: Menu principal de logiciel PVsyst.

IV.2.4 Présentation de projet

Dans le cadre de notre travail, on a proposé d'étudier un système hybride dans la zone pastorale de Sfisifa à wilaya Nâama.

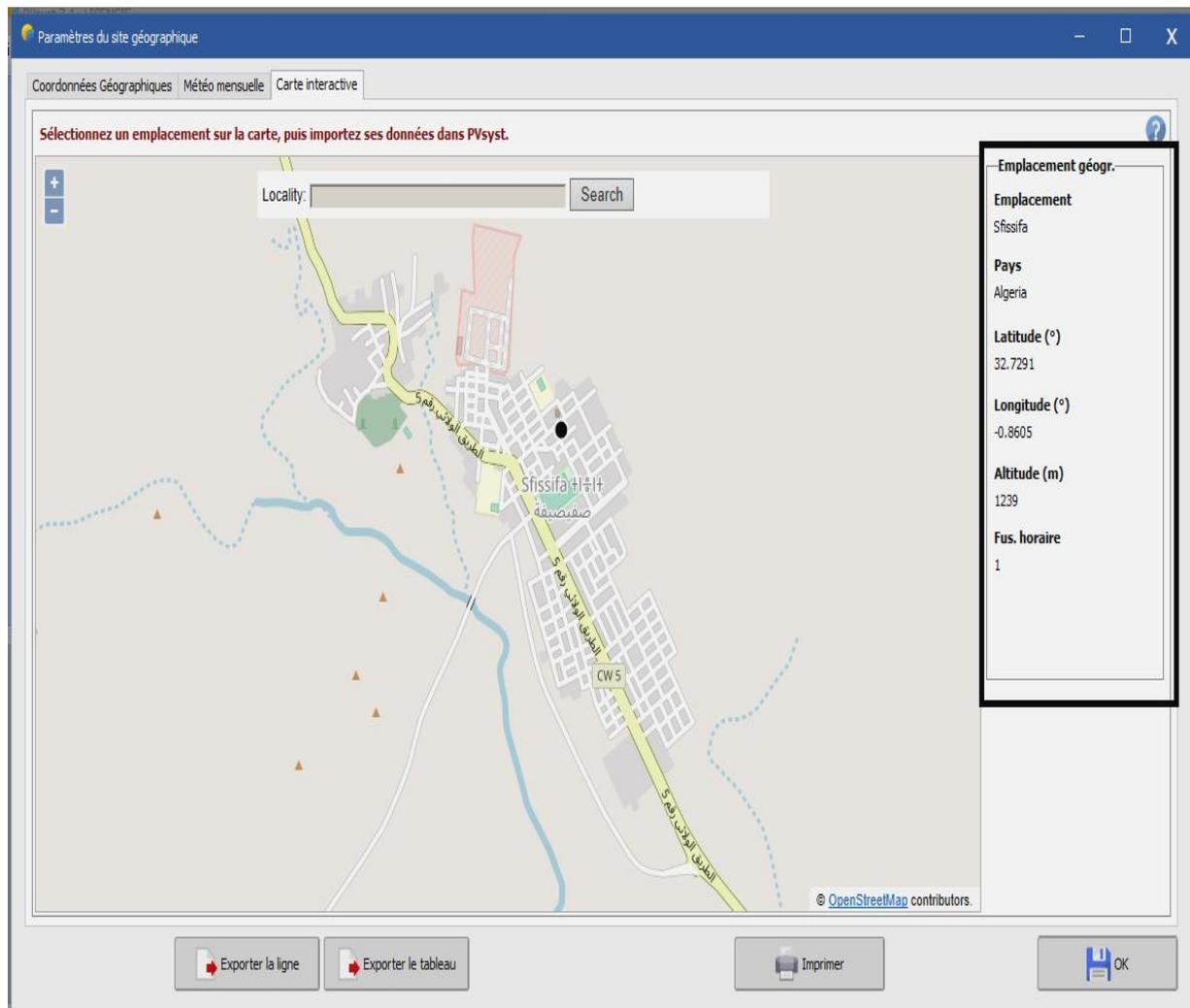


Figure IV. 2: Carte interactive de la zone étudiée.

IV.2.5 Données géographiques de site

Un site géographique est défini par :

- son nom, pays et région du monde.
- Ses coordonnées géographiques : latitude, longitude, altitude et fuseau horaire.
- Données météorologiques mensuelles.

Paramètres du site géographique

Coordonnées Géographiques | Météo mensuelle | Carte interactive

Lieu

Nom du site: Sfissifa

Pays: Algérie | Région: Afrique

Coordonnées Géographiques

Trajectoires du soleil

Latitude: 32.7867 [°] 32 47 12 (+ = Nord, - = Hémisph. Sud)

Longitude: -1.0101 [°] -1 0 36 (+ = Est, - = Ouest de Greenwich)

Altitude: 1361 M au-dessus du niv. de la mer

Fus. horaire: 1.0 Correspondant à une différence moyenne Temps Légal - Temps Solaire = 1h 4m

Exporter la ligne | Exporter le tableau | Imprimer | OK

Figure IV. 3: Coordonnées géographiques de la zone étudiée.

IV.2.6 Données météorologiques

Paramètres du site géographique

Coordonnées Géographiques | Météo mensuelle | Carte interactive

Site: Sfissifa (Algérie)

Source des données: Meteonorm 7.3 (1986-2005), Sat=100 % (Modified by user)

	Irradiation globale horizontale kWh/m ² /jour	Irradiation diffuse horizontale kWh/m ² /jour	Température °C	Vitesse du vent m/s	Turbidité Linke [-]	Humidité relative %
Janvier	3.68	0.75	5.9	1.90	2.397	59.4
Février	4.55	1.11	8.5	2.30	2.767	51.6
Mars	6.11	1.11	13.4	2.80	3.718	42.2
Avril	7.19	1.65	16.2	3.39	4.259	39.5
Mai	7.80	1.77	21.2	3.40	5.068	35.8
Juin	8.42	1.78	26.6	2.70	5.922	30.1
Juillet	7.93	2.22	30.9	2.40	7.000	26.1
Août	7.41	2.03	29.2	2.60	6.551	29.1
Septembre	6.06	1.67	23.2	2.51	5.352	39.3
Octobre	4.99	1.23	18.7	2.20	4.177	46.2
Novembre	4.01	0.86	11.1	2.10	3.026	56.8
Décembre	3.31	0.80	7.6	2.19	2.500	62.4
Année	5.96	1.42	17.7	2.5	4.395	43.2

Irradiation globale horizontale variabilité d'une année sur l'autre 3%

Unités d'irradiation: kWh/m²/jour

Données requises: Irradiation globale horizontale, Température ext. Moyenne

Données supplémentaires: Irradiation diffuse horizontale, Vitesse du vent, Turbidité Linke, Humidité relative

Exporter la ligne | Exporter le tableau | Imprimer | OK

Figure IV. 4 : Météo mensuelle de la zone étudiée.

La figure (IV. 4) illustre la valeur de l'irradiation globale horizontale de la commune Sfisifa wilaya de Nâama qui est égale 5.96 KWh/m²/jour pour une température de lieu est 17.7° annuellement.

IV.2.7 Les étapes de conception d'un système de pompage photovoltaïque

A.1 Profil de l'horizon

Un profil de l'horizon est une ligne brisée superposée sur le diagramme de trajectoire du soleil, qui peut contenir un nombre quelconque de hauteur /points d'azimut.

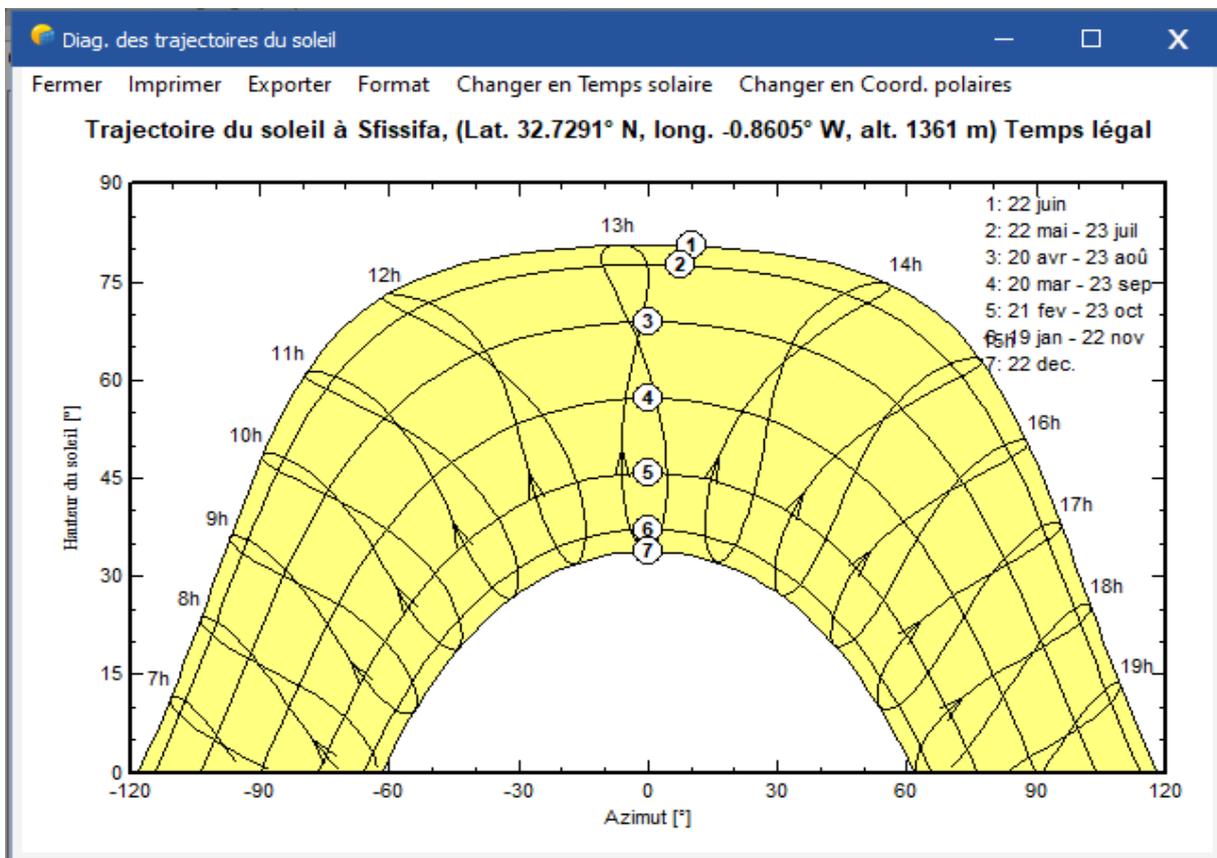


Figure IV. 5: Trajectoire du soleil à Sfisifa.

La figure (IV.5) représente la trajectoire de soleil sur la zone. Ce paramètre est important afin de choisir l'orientation et l'inclinaison optimale des panneaux solaire pour avoir un rendement maximal.

A.2 Orientation des modules PV

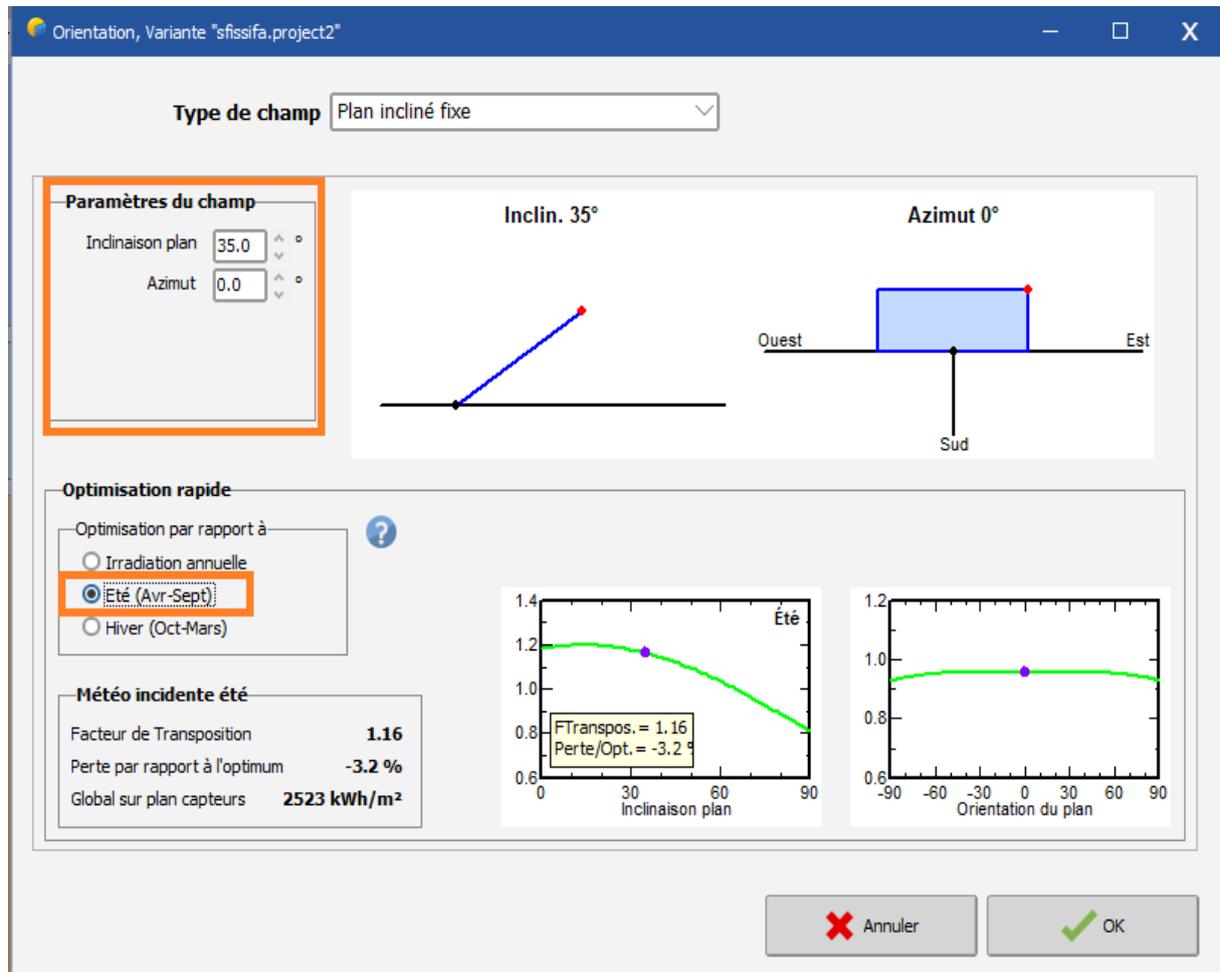


Figure IV. 6: Orientation des panneaux.

Sur la figure (IV. 6) nous avons fixé notre panneau pour un angle d'inclinaison égale 35°, orientation sud et optimisé par rapport à la période d'été (Avr-Sept).

A.3 Définition des besoins de l'utilisateur

A.3.1 Circuit hydraulique de pompage

Le circuit hydraulique de pompage il contient :

- le type de système.
- Les caractéristiques du forage.
- Les caractéristiques du réservoir.
- Le circuit hydraulique.

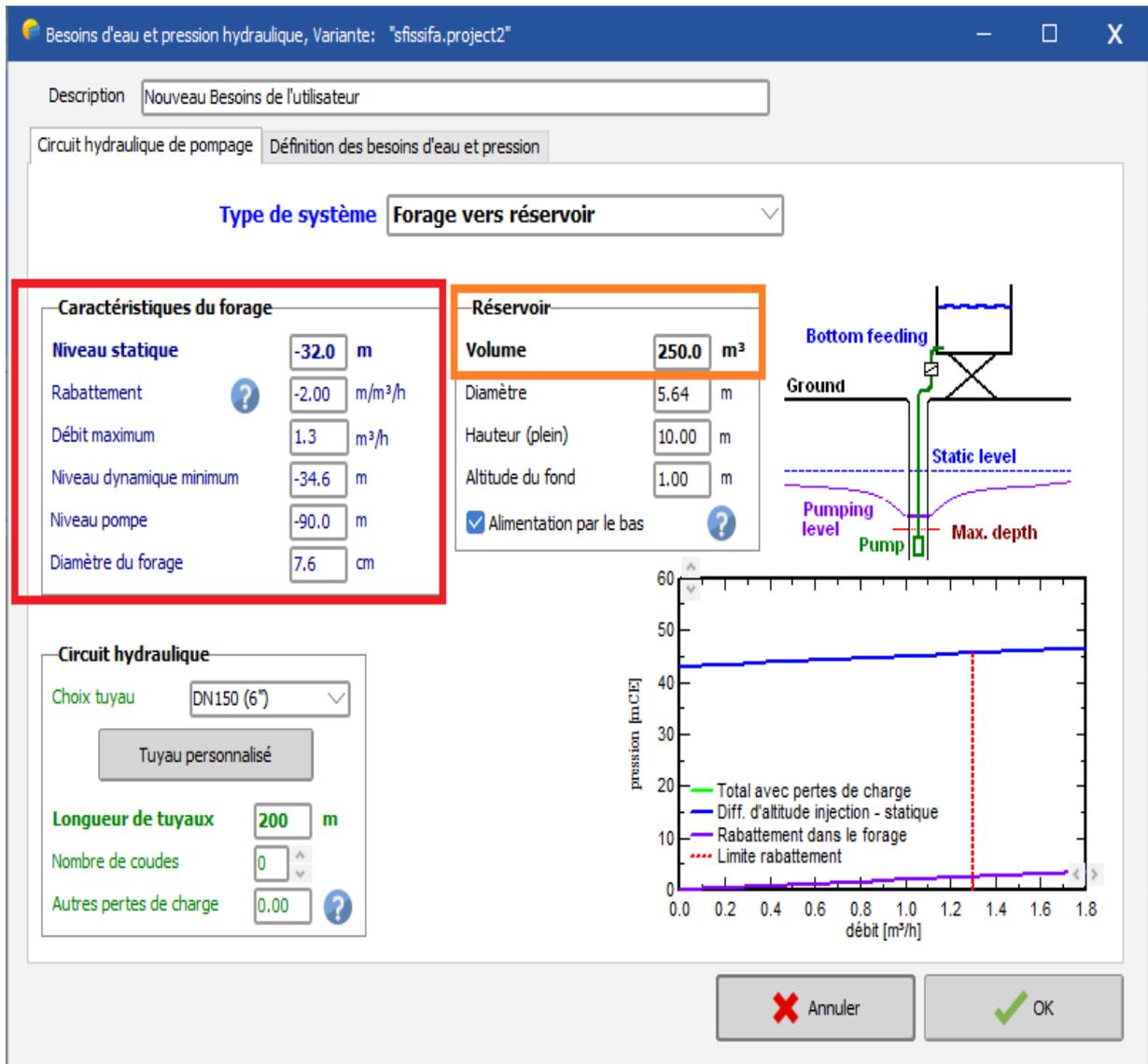


Figure IV. 7: Définir le circuit hydraulique et pompage.

La figure (IV. 7) montre le volume de réservoir qui égale à 250 m³ selon les ouvrages de la source [43] et les caractéristiques du forage dont le volume statique est 32 m, le débit maximum est de 1.3 m³ /h, le niveau de pompe est -90 m.

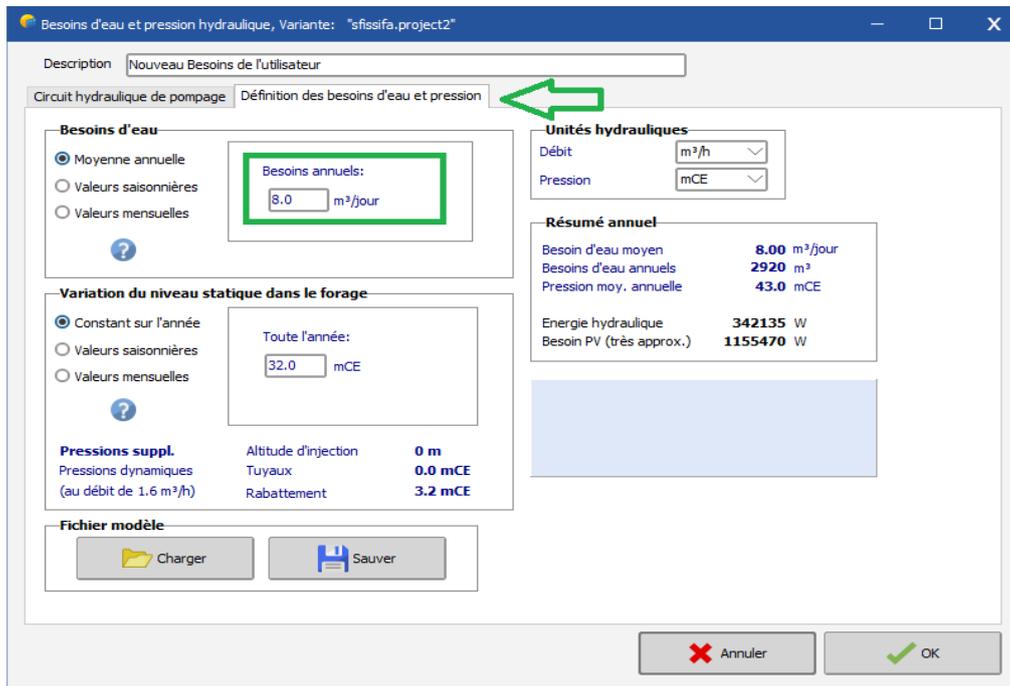


Figure IV. 8: Définir les besoins d'eau.

Pour notre dimensionnement (voir chapitre II) nous avons estimé les besoins d'eau pour les activités pastorales qui égale à $2\text{m}^3/\text{j}$ et pour l'irrigation des palmiers et de $6\text{m}^3/\text{j}$ donc pour l'ensemble ça donne $8\text{m}^3/\text{j}$.

A.4 Définition de la pompe étudiée

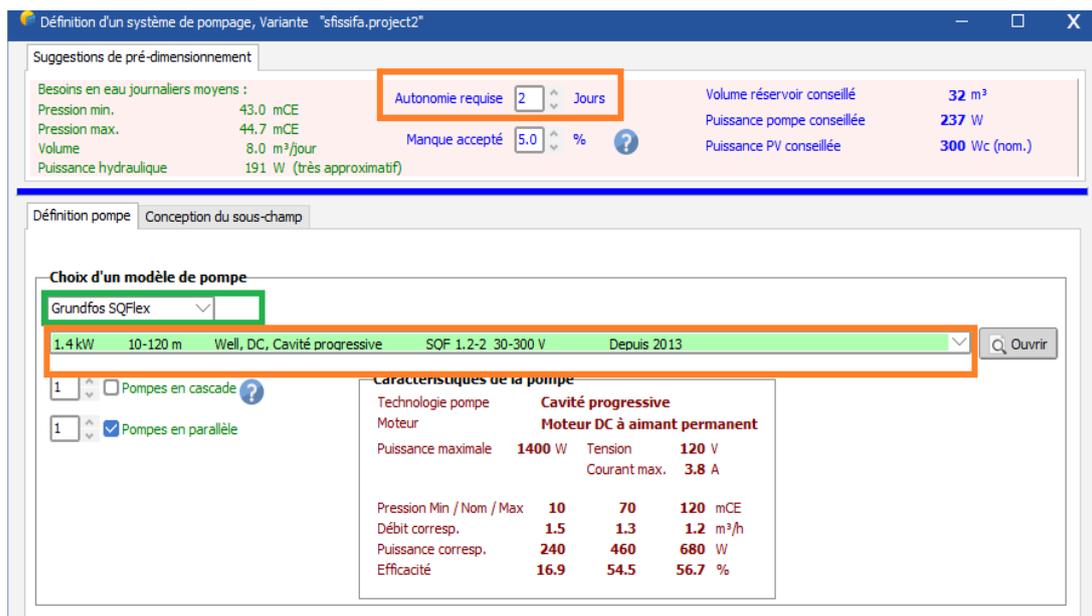


Figure IV. 9: Définition de la pompe étudiée.

Sur la figure (IV.9), nous avons défini le modèle Grundfos SQFlex 1.2-2 pour une puissance de 1.4 kW, HMT égale à 120 m max. Vous trouvez plus de détail sur la pompe à l'annexe A.

A.5 Le type de module PV pour l'application similaire

Sur la figure (IV.10) nous avons sélectionné le fabricant Avancis du PV (voir la définition du fabricant sur l'annexe B). Pour une puissance nominale du panneau est de 120 W, poly cristalline avec le mode de régulation MPPT-DC.

Nombre de panneau comme illustre la figure (IV.10) est 12 panneaux dont 2 raccordés en série et 6 en parallèle.

The screenshot shows a software interface titled "Définition d'un système de pompage, Variante 'sfissifa.project2'". It is divided into several sections:

- Suggestions de pré-dimensionnement:** Lists system requirements such as "Autonomie requise" (2.0 Jours), "Volume réservoir conseillé" (16 m³), "Puissance pompe conseillée" (240 W), and "Puissance PV conseillée" (304 Wc (nom.)).
- Définition pompe / Conception du sous-champ:** Shows pump details (SQF 1.2-2 30-300 V) and an "Aide au dimensionnement" section with input fields for "Pnom désirée" (0.2 kWc) and "surface disponible" (0 m²).
- Sélection du module PV:** A dropdown menu is set to "Avancis". A table lists available modules, with "120 Wp 35V CIS PowerMax 3.5 120W Depuis 2015 Manufactureur 2015" highlighted. Technical details include "Vmpp (60°C) 36.8 V" and "Vco (-10°C) 61.9 V".
- Choisissez le mode de régulation et le régulateur:** The "mode de régulation" is set to "Convertisseur MPPT-DC".
- Conception champ PV:** A sub-section titled "Nombre de modules et chaînes" shows "Mod. en série" set to 2 and "nbre modules" set to 12, resulting in a "Surface" of 13 m². It also lists "Irradiance plan" (1000 kWh/m²) and "Puiss. nom. champ (STC)" (1.4 kWc).

Figure IV. 10 : Conception du sous-champ PV.

IV.2.8 L'exécution de la simulation

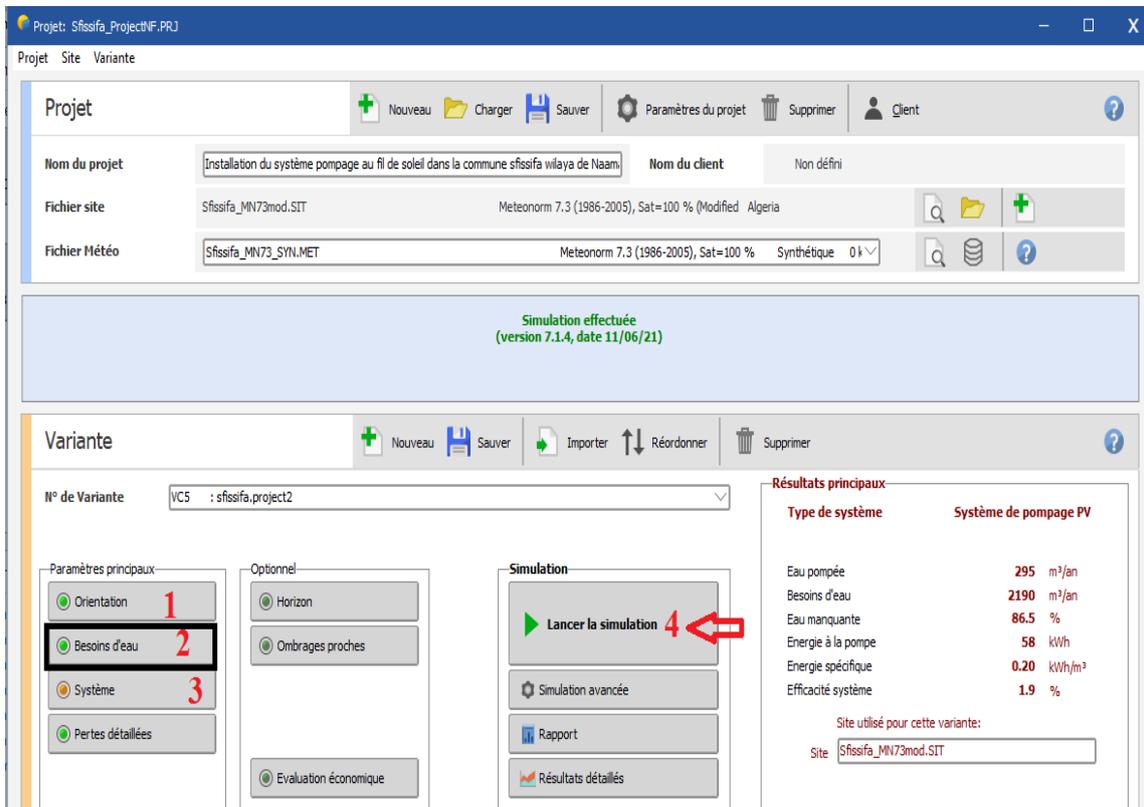


Figure IV. 11: Lancer la simulation.

Après avoir renseigné toutes les étapes 1, 2,3 de la figure (IV.11), on lance la simulation qui génère un rapport détaillé sur notre système étudié. (Voir rapport complet à l'annexe D).

IV.2.9 Les résultats principaux

IV.2.9.1 Evaluation de la production normalisée

La prédiction du système (à la sortie du stockage : Y_f) est représentée sur la figure (IV.12). Les pertes L_c , L_s et L_u sont les pertes correspondant au champ PV, les pertes de système de stockage et l'énergie non utilisée, respectivement. En effet, Il y a des pertes lors de la collection de l'irradiation solaire cette perte vaut 0.27 kWh/j, des pertes système de l'ordre de 0.09 kWh/j, et enfin l'énergie produite à la sortie de la pompe est de 1.57 kWh/j.

La quantité d'énergie inutilisée est élevée en été et au printemps et diminue légèrement les autres mois de l'année. Les pertes de captation d'irradiation solaire et les pertes du système sont faibles de novembre à mars, qui sont les plus importantes les autres mois de l'année. Le résultat est évident sur la figure (IV.12).

Les pertes liées à la qualité du module sont en grande partie enregistrées en période d'été, qui s'explique par la hausse des températures en cette saison.

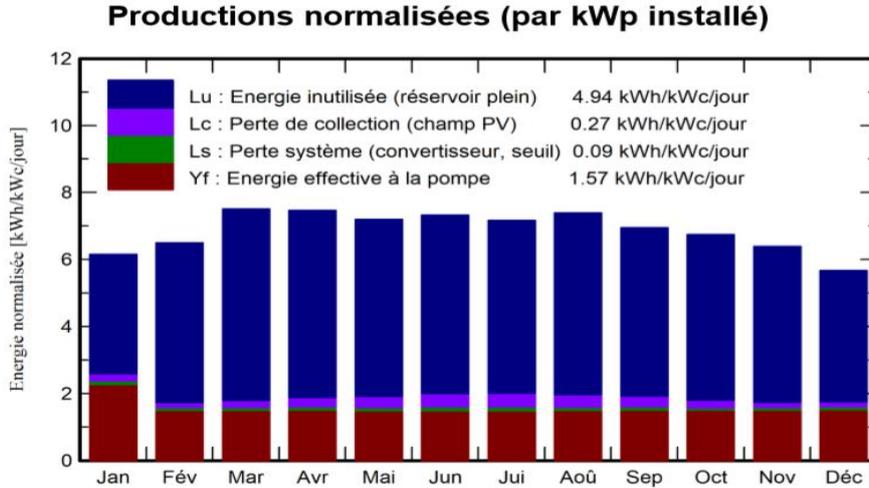


Figure IV. 12: Les productions normalisées.

IV.2 .9.2 Performance ration

La figure (IV.13) représente l'indice de performance (Performance ration) qui est le rendement de globale du système défini par le rapport de rendement réel du système par le rendement nominal du système tel que :

$$\eta = \frac{\text{rendement réel du système}}{\text{rendement nominal du}}$$

Indice de performance (PR)

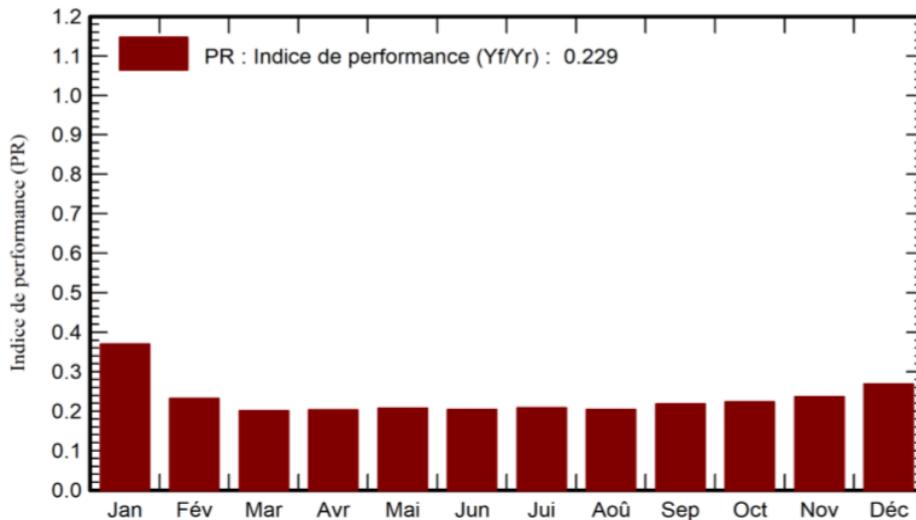


Figure IV. 13: Indice de performance.

Dans ce cas l'indice de performance est : 22.9 %. La valeur typique est de 0,22. Alors le système qui a été installé sur le site d'une performance très faible.

IV.2 .9.3 Bilan énergétique

	GlobEff kWh/m ²	EArrMPP kWh	E_PmpOp kWh	ETkFull kWh	H_Pump mCE	WPumped m ³	W_Used m ³	W_Miss m ³
Janvier	187.3	246.8	101.6	134.4	47.30	371.0	248.0	0.000
Février	178.7	232.6	60.7	161.5	47.33	224.0	224.0	0.000
Mars	227.9	287.6	67.2	207.4	47.10	248.2	248.0	0.000
Avril	218.0	273.7	65.6	195.5	46.27	240.1	240.0	0.000
Mai	216.3	267.8	66.6	188.6	46.18	248.0	248.0	0.000
Juin	212.6	256.7	64.4	179.4	46.20	240.0	240.0	0.000
Juillet	215.2	255.2	66.6	175.9	46.16	248.0	248.0	0.000
Août	223.3	265.3	67.2	186.0	46.17	248.0	248.0	0.000
Septembre	203.5	248.9	65.5	171.8	46.17	239.7	240.0	0.000
Octobre	205.4	256.0	67.3	177.6	47.50	248.0	248.0	0.000
Novembre	188.3	242.6	65.1	166.7	47.51	239.7	240.0	0.000
Décembre	172.6	226.1	68.1	147.7	47.83	248.3	248.0	0.000
Année	2449.1	3059.4	825.9	2092.5	46.71	3043.0	2920.0	0.000

Tableau IV. 1: Bilan énergétique.

Légende

GlobHor : Irradiation globale horizontale.

GlobEff : Global "effectif", corr pour IAM et ombrages.

E Avail : Energie solaire disponible.

E Unused : Energie inutilisée (batterie chargé).

E Miss : Energie manquante.

E User : Energie fournie à l'utilisateur.

E Load : Besoin d'énergie de l'utilisateur.

SolFrac : Fraction solaire (Eutile / Ebesoin).

IV .2.10 Diagramme des pertes sur l'année entier

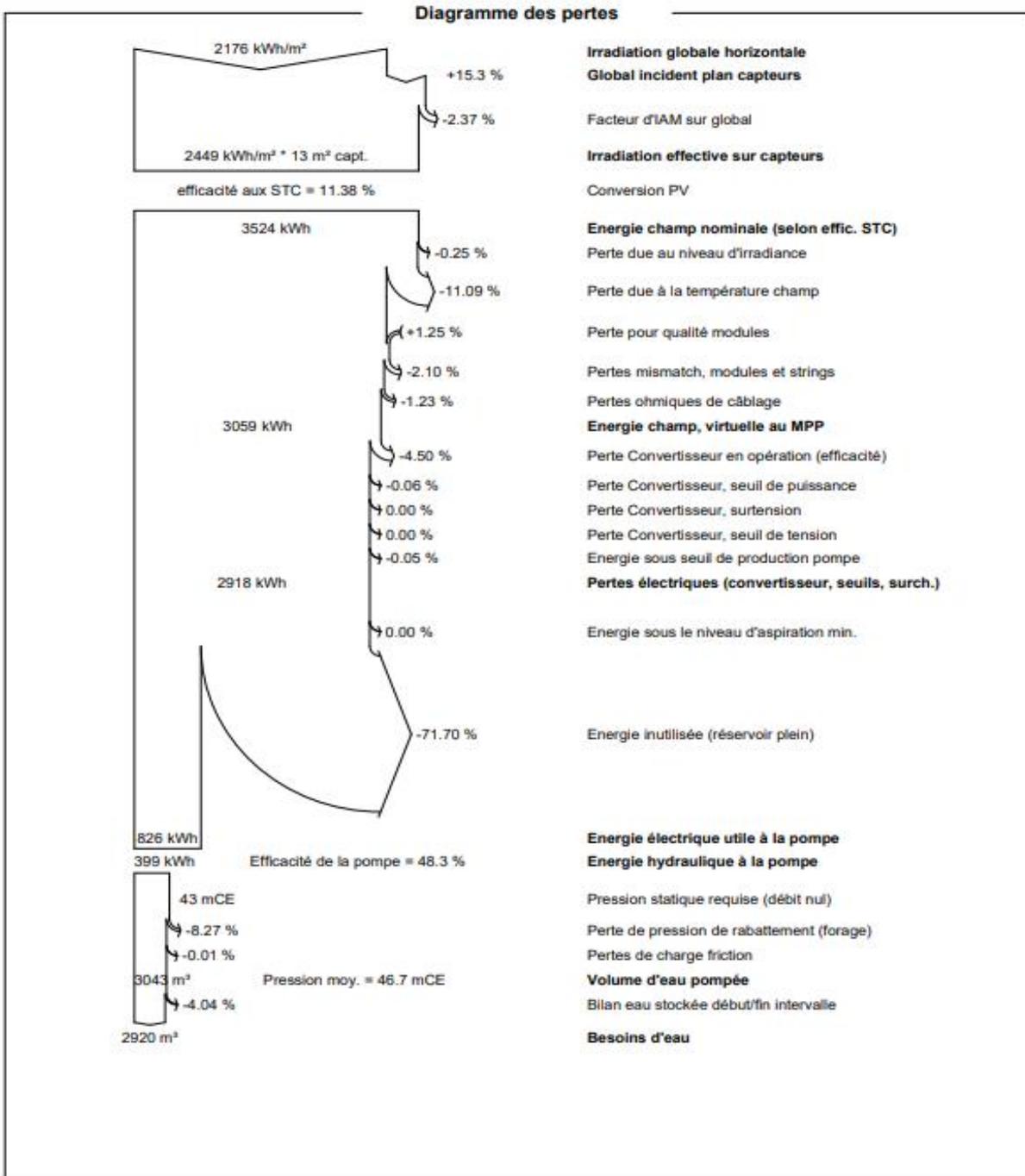


Figure IV. 14: Diagramme des pertes sur l'année entier.

Le diagramme résume les pertes de la production du système PV à savoir : les pertes dues à la température du champ, pertes dues, perte pour qualité modules,... etc.

L'énergie solaire quand elle arrive sur le panneau avec la conversion photovoltaïque et le rendement du panneau on a des pertes d'énergie donc la production diminue à la sortie du Panneau on a aussi les pertes dues aux pertes ohmiques du câblage pertes dues à la température du champ, on a aussi des pertes de l'onduleur donc l'énergie à l'entrée et à la sortie n'est pas la même à cause des pertes et ces pertes influencent négativement la production.

IV .2.11 Diagramme journalier entrée/Sortie

Le diagramme journalier entrée/Sortie représente l'énergie effective en sortie des modules/irradiation journalière globale incidente. Il est donné par la figure (IV.15) ci-dessous

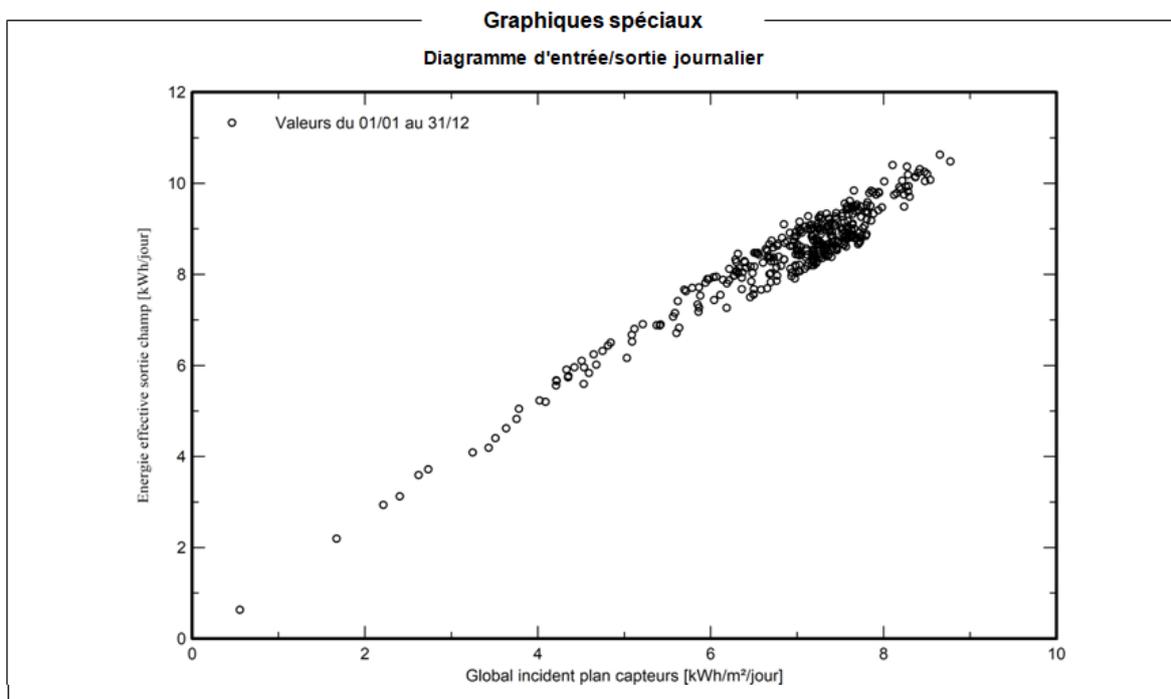


Figure IV. 15: Diagramme journalier Entrée/Sortie.

Résumé des résultats			
Eau		Énergie	
Eau pompée	3043 m ³	Energie à la pompe	826 kWh
Spécifique	461 m ³ /kWh/bar	Spécifique	0.27 kWh/m ³
Besoins d'eau	2920 m ³	Inutilisé (réservoir plein)	
Eau manquante	-4.2 %	Energie PV inutilisée	2093 kWh
		Fraction inutilisée	68.4 %
		Efficacités	
		Efficacité système	27.0 %
		Efficacité de la pompe	48.3 %

Figure IV. 16 : Efficacité de système 27%.

Résumé des résultats					
Eau		Énergie		Efficacités	
Eau pompée	20675 m ³	Energie à la pompe	1943 kWh	Efficacité système	95.2 %
Spécifique	15207 m ³ /kWh/bar	Spécifique	0.09 kWh/m ³	Efficacité de la pompe	46.2 %
Besoins d'eau	24455 m ³	Inutilisé (réservoir plein)			
Eau manquante	15.5 %	Energie PV inutilisée	0 kWh		
		Fraction inutilisée	0.0 %		

Figure IV. 17: Efficacité de système 95.2%.

Sur les figures (IV.16, IV.17), on remarque bien qu'il y a une différence d'efficacité entre les deux systèmes.

L'efficacité du système avec un pourcentage de 27% illustré à la figure (IV.16) est très faible en raison de l'ancien matériel utilisé sur le marché Algérien. En effet, le modèle de panneau solaire d'une puissance nominal de 120 WC et le modèle de la pompe (Grundfos SQFlex SQF 1.2-2 30-300 V) actuellement ne sont ni disponibles, ni opérationnels sur le marché national. Le deuxième facteur c'est les besoins d'eau estimés à 8.00 m³/jour.

Afin de comparer l'efficacité du système proposé avec celle étudiée, nous avons envisagé d'augmenter les besoins en eau à 67.00 m³/jour en changeant l'ancienne pompe avec une nouvelle pompe à engrenages du modèle Grundfos SQFlex SQF 8A_5 30-300 V. L'efficacité pour la deuxième expérience illustrée dans la figure IV.17 montre une augmentation par une valeur de 95.2% (voir le rapport complet sur annexe E).

IV.3 Simulation par logiciel HOMER

IV.3.1 Présentation du logiciel Homer

HOMER (Hybrid Optimisation of Multiple Energy Ressources) est un logiciel de simulation et d'optimisation destiné à l'étude d'installations de production d'énergie multi-sources (PV, éolien, réseau, stockage, diesel...). Il est principalement destiné à la simulation de mini-réseaux connectés ou non connectés (« off-grille »). Il a été développé en premier lieu par le National Renewable Energy Lab dépendant lui-même du ministère américain de l'Énergie [37].

Parmi les fonctionnalités principales de cet outil sont les suivantes:

- optimisation économique du système de production par comparaison de plusieurs configurations et architectures.

- Analyse de sensibilité par rapport à certains paramètres d'entrée (prix des hydrocarbures, durée de vie des modules, gisement solaire, charge).
- L'utilisateur obtient l'architecture et la configuration la plus économique selon la modélisation d'Homer.

C'est donc un outil d'aide à la décision pour le dimensionnement d'un mini-réseau [37].



Figure IV. 18 : Bibliothèque de Homer.

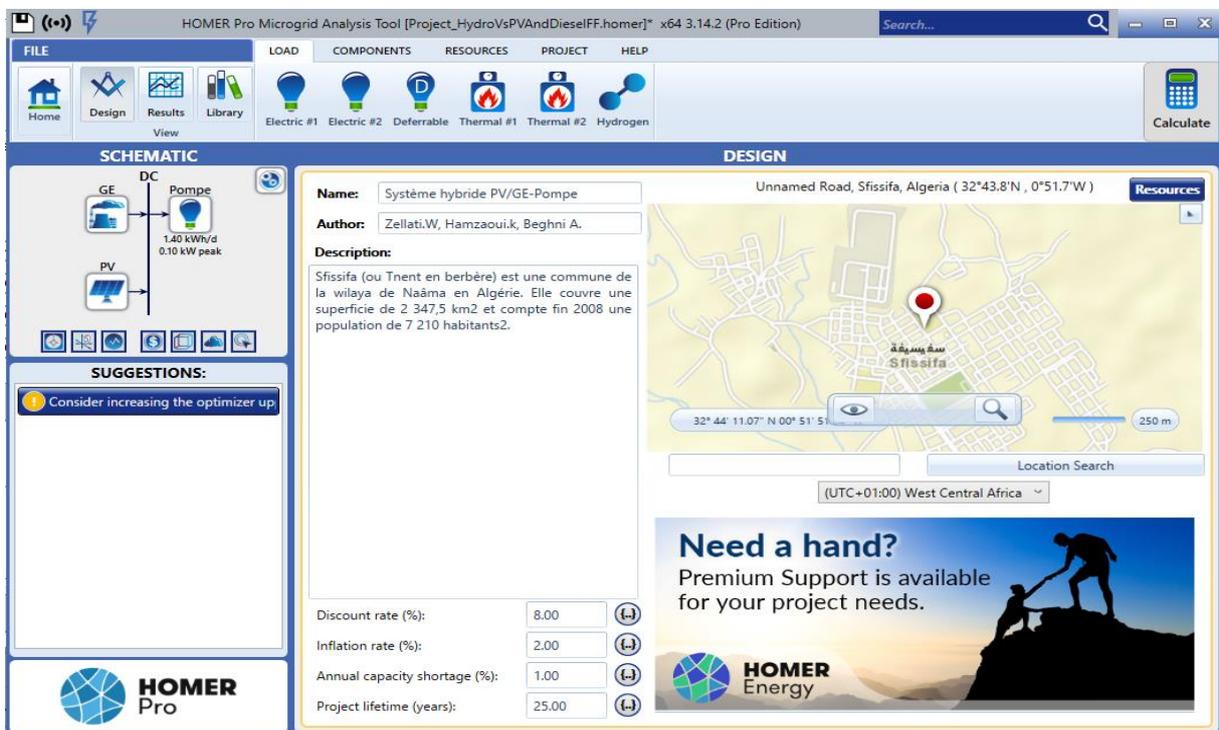


Figure IV. 19: Interface HOMER.

IV.3.2 Ressource solaire

La zone étudiée Sfissifa wilaya de Nâama est situé aux coordonnées géographiques (latitude 32.75 et longitude : 0.75). À partir des coordonnées géographiques, HOMER peut extraire du site de la NASA surface Meteorology and Solar Energy les données d'ensoleillement global du site.

La figure (IV.20) présente l'ensoleillement global du site sur le plan horizontal.

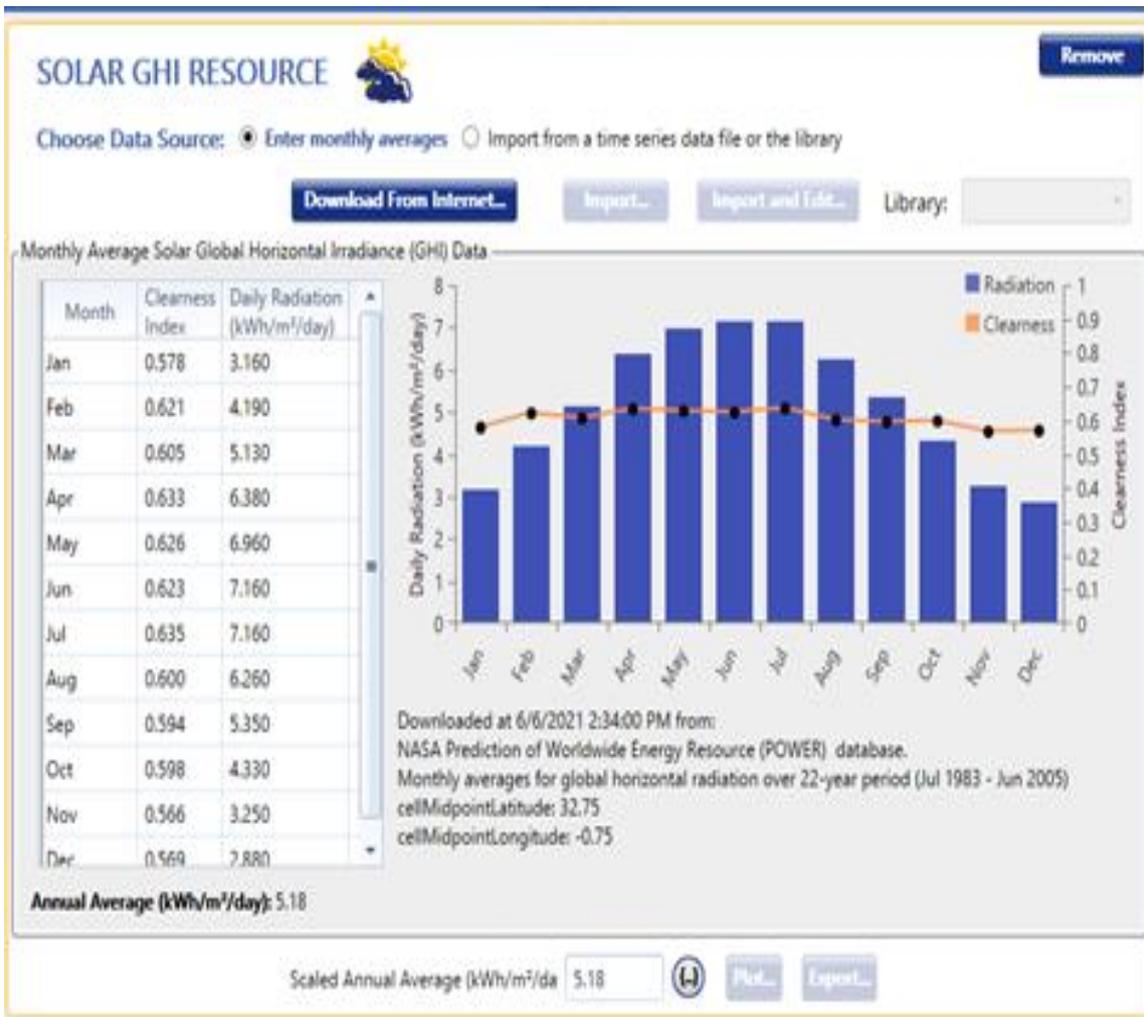


Figure IV. 20 : Irradiance et indice de clarté du site étudié ‘extrait de HOMER’.

IV.3.3 Ressource éolienne

La figure (IV.21) présente l'énergie éolienne globale du site Sfisifa wilaya de Nâama. L'énergie moyenne journalière est de 4.22 m/s.

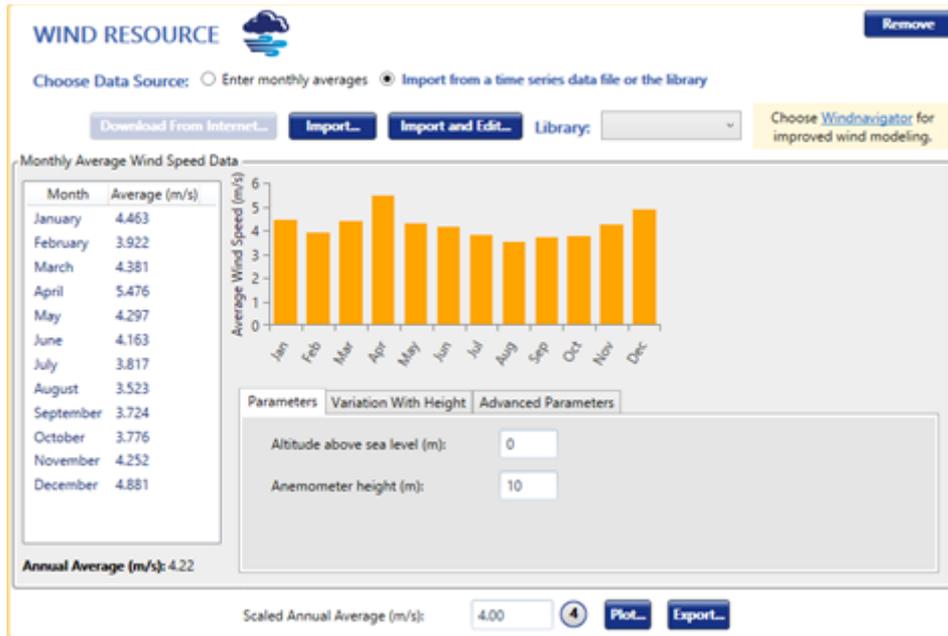


Figure IV. 21: Profil de la vitesse du vent (m/s) extrait de HOMER.

IV.3.4 Ressource de température

Sur la figure (IV.22) nous obtenons la moyenne journalière de lieu est 16.49 °C.



Figure IV. 22: Profil de température journalier extrait de HOMER.

IV.3.5 Présentation de lieu et de système

Dans la figure (IV.23), le modèle technico-économique étudié a été schématisé pour concevoir de manière globale l'étude de cas réels où elles sont issues de notre propre expérience sur le lieu d'implantation de la pompe au fil du soleil par un système PV/diesel sans batteries de stockage pour le site de Sfissifa wilaya de Nâama (voir la carte géographique ci-dessous

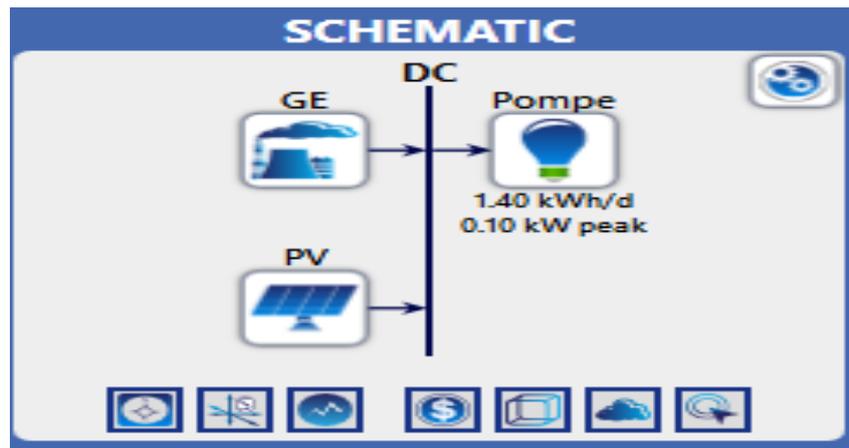


Figure IV. 23: Le modèle technico-économique étudié.

Le lieu d'implantation est caractérisé par un champ PV placé sur des poteaux avec un angle d'inclinaison fixe sur l'année, un nombre de générateurs Diesel et un réservoir d'eau pour assurer l'autonomie comme la montre les figures (IV.25 , IV.26) Ci-dessous.



Figure IV. 24 : Le site de Sfissifa wilaya de Nâama.

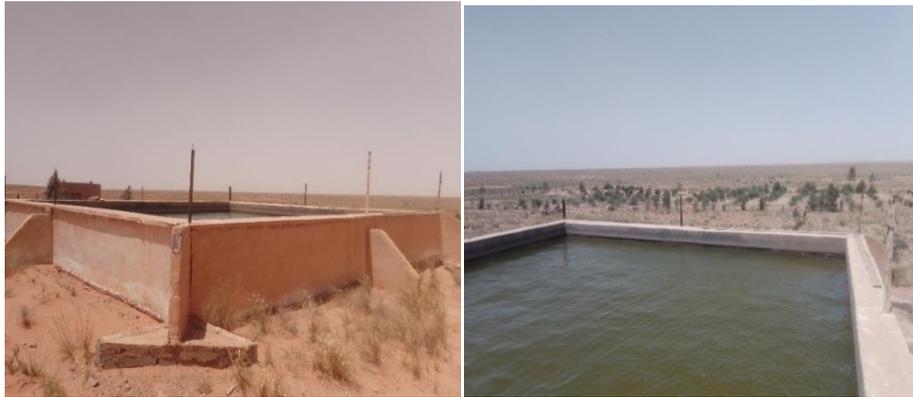


Figure IV. 25: réservoirs d'eau.



Figure IV. 26 : Groupe électrogène 5 KVA.

IV.3.6 Coûts des composants champs PV/onduleurs /générateurs Diesel

Sur les figures (IV.27, IV.28 et IV.29) Représentent les modèles de coûts utilisés précédemment dans le chapitre II:

- le capital pour chaque composant : représentent les coûts totaux d'investissement des composants du système.
- O&M : Les coûts de maintenance sont évalués (voir chapitre II) pour chacun des composants du système.
- Les coûts de fonctionnement dans HOMER ne tiennent pas compte de la consommation en fuel du générateur. Cette dernière est calculée à part.
- Les coûts de remplacement sont généralement égaux aux coûts d'investissement. les coûts de remplacement en fin de vie du composant.

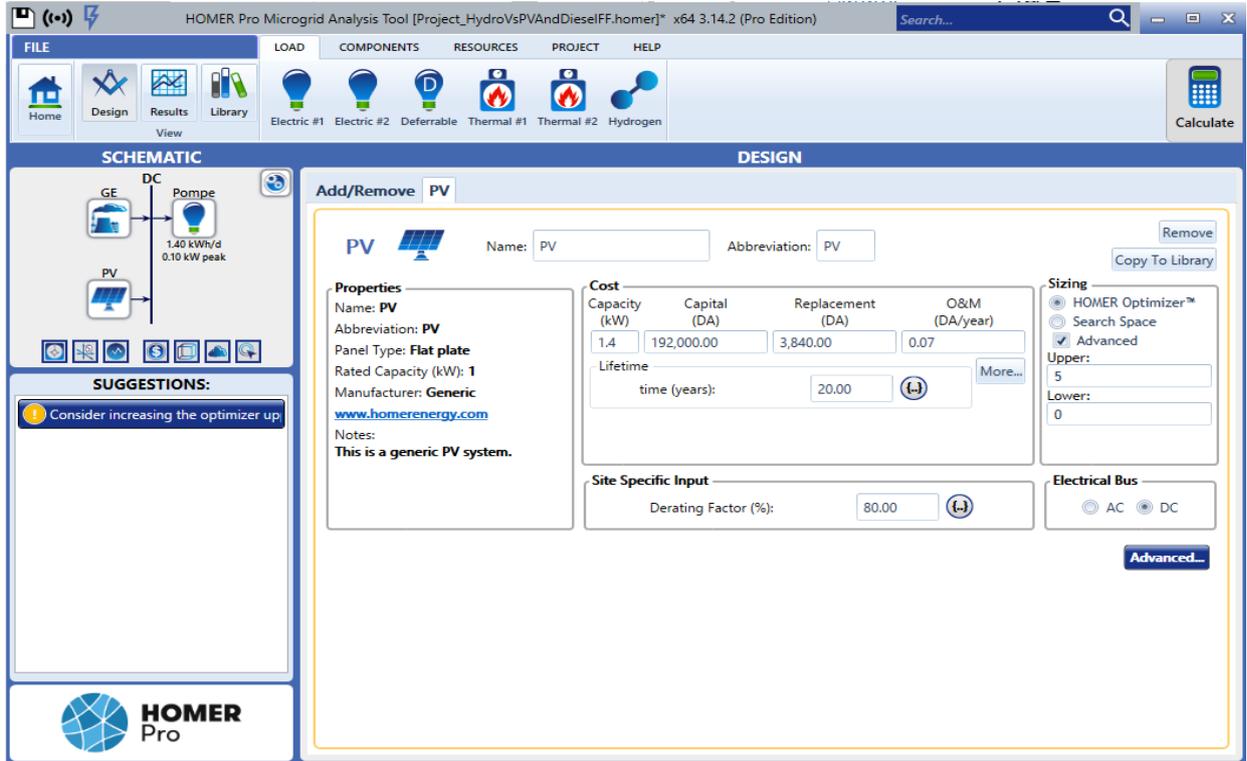


Figure IV. 27: Coûts du champ PV.

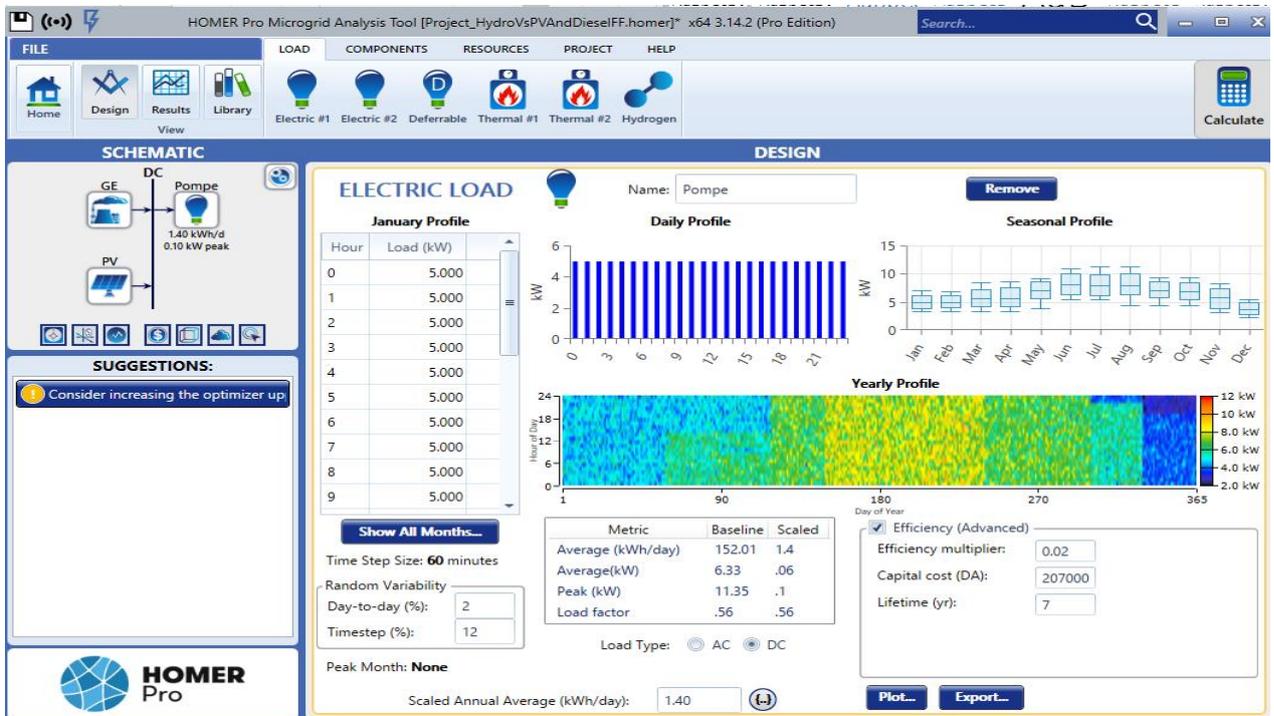


Figure IV. 28: Profil de charge (pompe) extrait d'Homer.

La figure (IV.28) représente le profil de consommation de la pompe, extraite d'Homer.

Il est possible dans HOMER d'adjoindre les coefficients de variabilité de la demande ou d'intégrer la demande réelle annuelle.

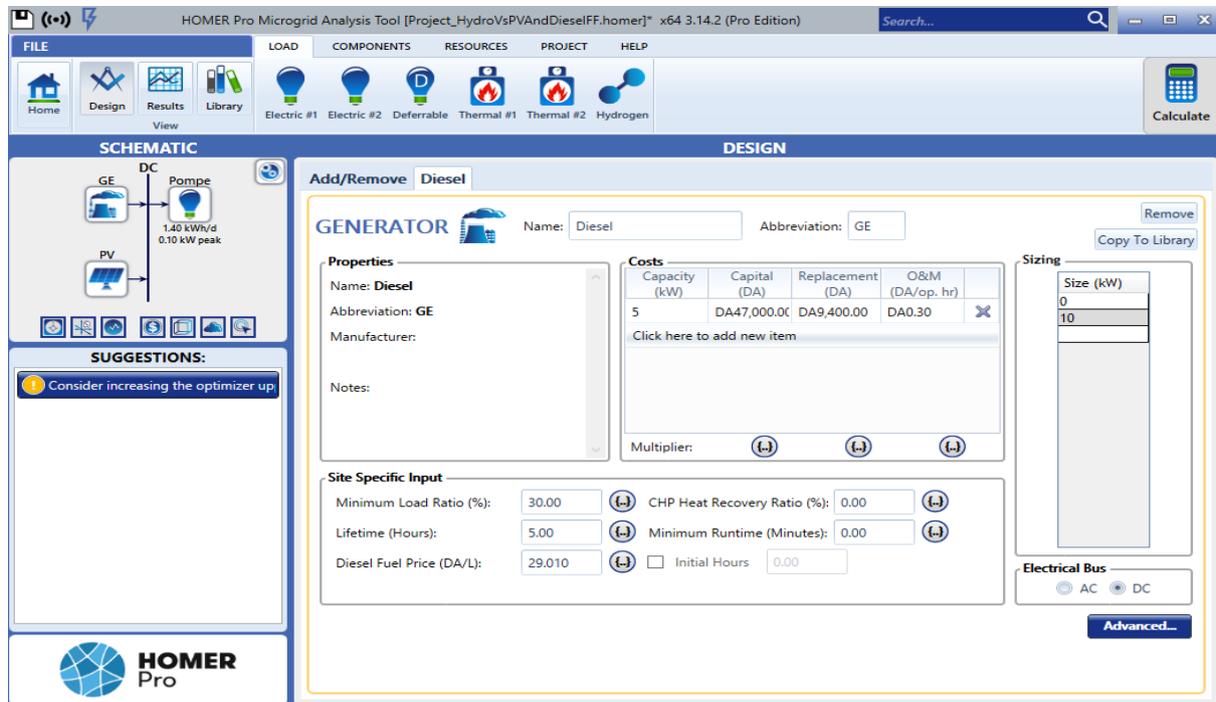


Figure IV. 29 : Coûts du groupe électrogène.

IV.3.7 Analyses de sensibilité

Le modèle développé fait intervenir des paramètres dont les valeurs peuvent être soit fluctuantes, soit imprécises. Il s'agit notamment :

- du coût du carburant : il peut varier en fonction de l'éloignement du site, des subventions octroyées sur le gasoil, de la fluctuation du cours du pétrole sur le marché international et/ou du type de carburant utilisé (gasoil ou biocarburant ou Mix).
- De la valeur du taux d'actualisation : il a été particulièrement difficile d'obtenir la valeur exacte du taux d'actualisation dans le secteur de l'électricité. Sachant que ce taux est fonction du taux d'intérêt et des risques liés au projet (cf. chapitre II), la valeur considérée dans l'étude peut ne pas être très précise. Il convient d'évaluer l'impact de ce taux d'actualisation sur la recherche du système optimal.
- Des coûts d'achats des modules PV : ceux-ci ont drastiquement diminué ces dernières décennies. Les coûts des modules PV varient aussi suivant la technique choisie

(amorphe, monocristallin, poly-cristallin ou HIT). De plus, les coûts de transport dans divers zones d'implantation font que ces coûts de PV peuvent fortement fluctuer; il convient donc d'évaluer l'impact de cette fluctuation sur le modèle développé.

L'analyse de sensibilité de chacun des paramètres (coût du carburant, coût du champ PV et du taux d'actualisation) a été faite et les résultats obtenus sont présentés sur la figure (IV.30).

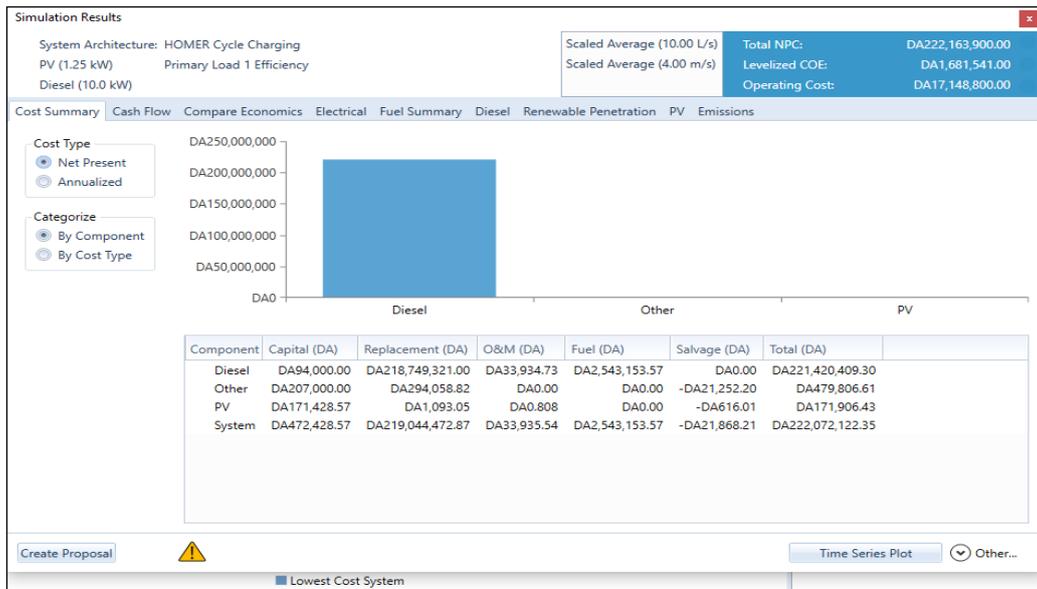


Figure IV. 30 : Coût en fonction des composants du système.

Scaled Average (10.00 L/s)	Total NPC:	DA222,163,900.00
Scaled Average (4.00 m/s)	Levelized COE:	DA1,681,541.00
	Operating Cost:	DA17,148,800.00

NPC : net présent cost : Le coût actuel net (ou coût du cycle de vie) d'une composante est la valeur.

actuelle de tous les coûts d'installation et d'exploitation de la composante pendant la durée de vie du projet, moins la valeur actuelle de tous les revenus qu'elle génère pendant la durée de vie du projet.

HOMER calcule le coût actuel net de chaque composant du système et du système dans son ensemble.

COE : cost of Energy : HOMER définit le coût normalisé de l'énergie (COE) comme le coût moyen par kWh d'énergie électrique utile produite par le système.

Operating Cost : Le coût de fonctionnement est la valeur annualisée de tous les coûts et revenus autres que les coûts en capital initial [50].

IV.3.8 Énergie produite électrique moyenne mensuelle

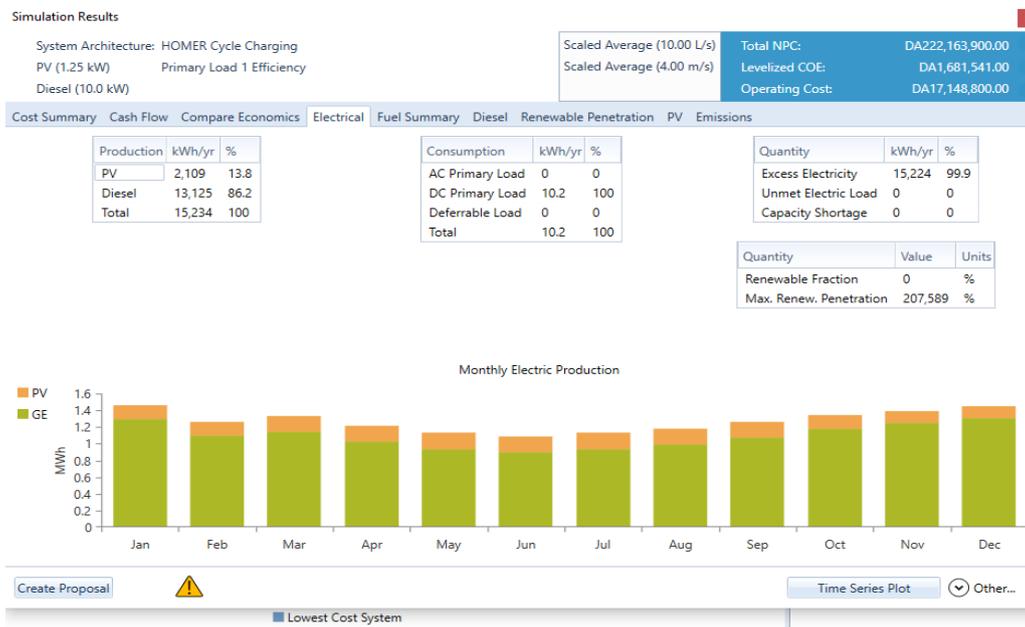


Figure IV. 31 : Énergie produite électrique moyenne mensuelle.

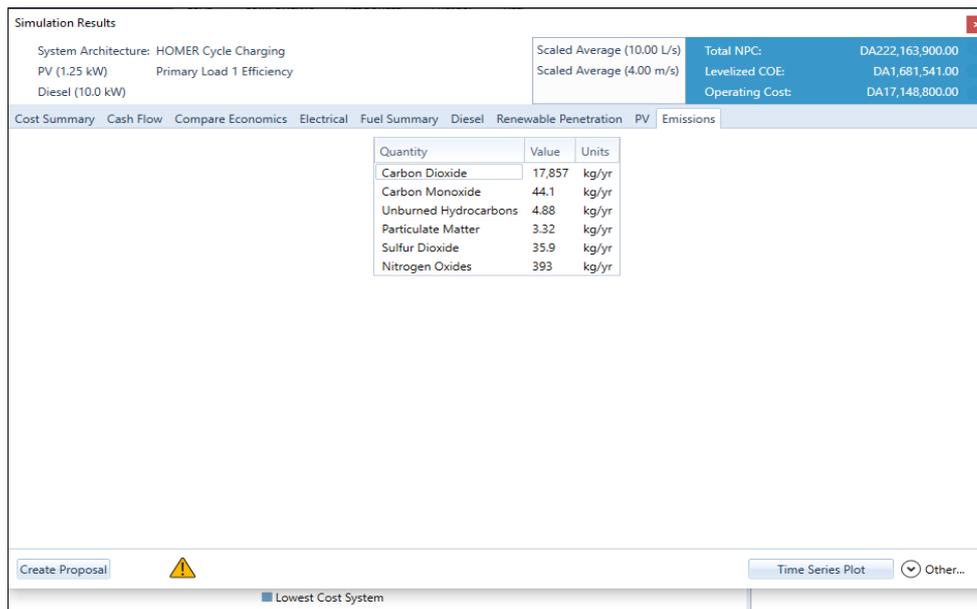


Figure IV. 32 : Les émissions de CO2 émises sur tout le cycle de vie.

Sur la figure (IV.32) nous présentons les données sur les émissions permettent de spécifier la pénalité associée à un polluant, ou la limite acceptable aux émissions des polluants. Dans le même onglet, nous pouvons entrer les valeurs de chaque variable qui serviront à l’optimisation du système ou définir certains systèmes que nous voulons exclure de l’optimisation.

IV.3.9 Les schémas proposés pour le système hybride étudié

Pour augmenter l'efficacité du système hybride nous proposons d'ajouter une éolienne de 3 kW afin de minimiser les coûts et la consommation du carburant de groupe électrogène et d'augmenter le nombre de jours d'autonomie dans le cas d'un ensoleillement faible ou pour le cas des consommations nocturne comme illustre la figure ci-dessous.

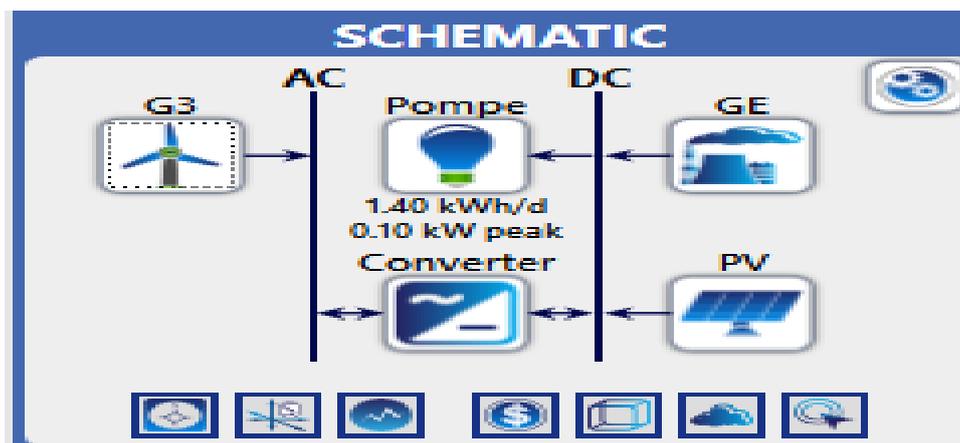
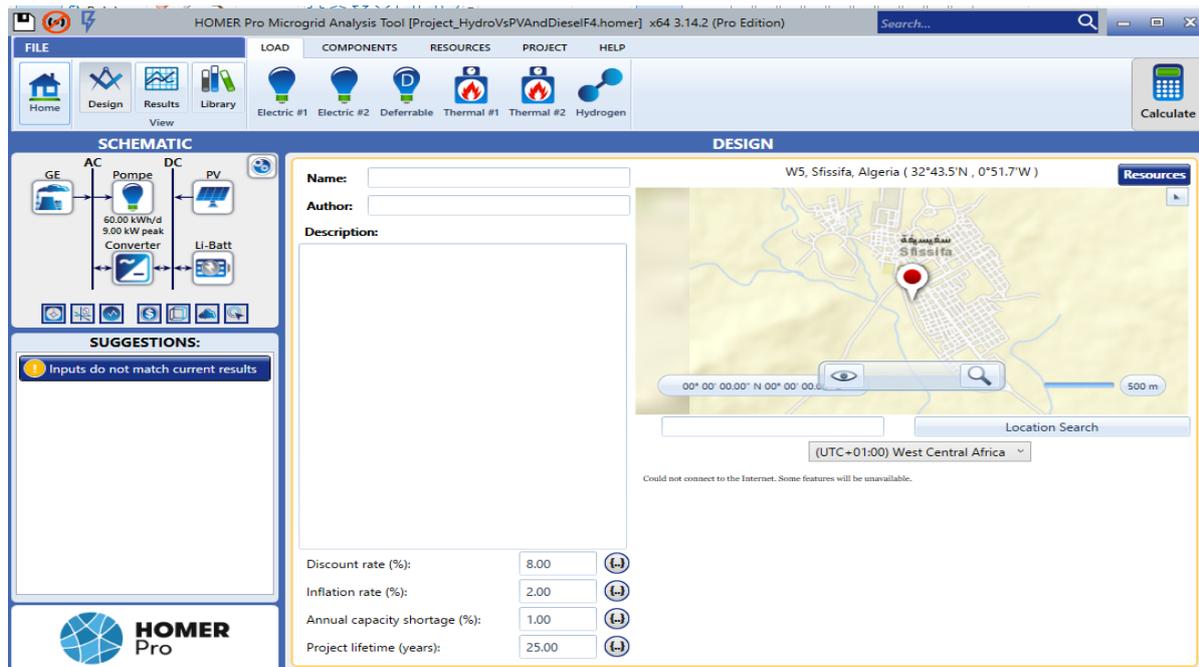


Figure IV. 33: les schémas proposés pour le système hybride étudié.

Le programme Homer montre le prix élevé du groupe diesel et les émissions de dioxyde de carbone polluant l'environnement en raison de la consommation élevée.

Parmi les solutions que nous estimons est d'augmenter la valeur de puissance des panneaux ou l'ajout d'énergie éolienne comme le montre la courbe ci-dessus Figure (IV.33).

IV.4 Conclusion

Dans ce chapitre, en premier lieu, nous avons présenté, les résultats à l'aide du logiciel PVsyst d'une étude qui a conduit au dimensionnement d'une installation de pompage photovoltaïque pour les exploitations pastoralisme, sachant qu'une estimation en besoin d'eau a été effectuée pour 100 troupeaux d'ovine plus l'irrigation de 20 palmiers située sur la commune de Sfisifa Wilaya de Nâama.

Les différents éléments de ce système photovoltaïque ont été montrés qui sont : un générateur photovoltaïque, une électropompe immergée avec onduleur intégré. Selon l'étude, le générateur photovoltaïque est constitué de 12 modules photovoltaïques en silicium poly cristallin d'une puissance crête de 120 WC chacun. Ainsi, la puissance crête du générateur PV est de 1440WC.

Il est important de montrer que souvent, la taille du générateur calculé comporte un certain degré d'incertitude. Cette dernière est due à deux raisons: la première est liée au caractère du rayonnement solaire aléatoire qui est peu connu. Pour le deuxième cas s'agit de l'estimation difficile des besoins d'eau demandés. Il est ainsi recommandé de tenir des précautions quant au choix du type du générateur et de la pompe.

En deuxième lieu, nous avons présenté, les résultats à l'aide du logiciel HOMER d'une étude économique comparative entre pompage par énergie solaire photovoltaïque et pompage par groupe électrogène. Après une analyse approfondie de chaque technique, nous avons bien compris que le coût du kWh produit par l'énergie solaire photovoltaïque comprend les frais d'amortissement et d'investissements présentent la part la plus importante.

Nous avons remarqué que les frais d'exploitation des combustibles est nulle mais il reste, cependant, une tranche faible ou moyenne pour les frais de maintenance. Or, cette composition du coût du kWh produite est différente dans le cas de groupes électrogènes où les frais d'investissement pour les amortissements sont faibles alors que nous avons mentionné que les frais de combustible dont d'exploitation et de la maintenance sont prépondérants.

Notre perspective pour les futurs travaux de recherche c'est d'ajouter une source d'énergie éolienne puis que le pompage par énergie solaire photovoltaïque ne permet pas forcément d'adapter instantanément le débit en fonction des besoins d'eau.



***CONCLUSION
GÉNÉRALE***

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Les travaux présentés dans cette mémoire de fin d'études portent sur l'une des applications les plus récentes des énergies renouvelables, à savoir l'utilisation de l'énergie solaire et de l'énergie hydraulique dans le système hybride, et les résultats de cette mémoire représentent l'optimisation des systèmes solaires photovoltaïques exploités pour les systèmes pastoraux dans le milieu steppique de la wilaya de Nâama.

Actuellement, l'énergie solaire est devenue graduellement une source d'énergie à part entière. Elle est sollicitée de plus en plus pour produire de l'énergie électrique. En effet, l'avantage de cette énergie qu'elle est propre, silencieuse, disponible et gratuite. Mais aussi la requête d'énergie électrique, particulièrement pour les besoins des zones pastorales isolés, ne cesse d'augmenter, en particulier, les besoins de pompage d'eau. Cependant, il reste encore pas mal de freins à son développement. La problématique installée lors de la modélisation d'un système de pompage, par énergie solaire photovoltaïque, est le coût élevé du mètre cube d'eau pompée. Par conséquent, il faut optimiser les performances du système photovoltaïque pour produire l'eau avec un coût abordable.

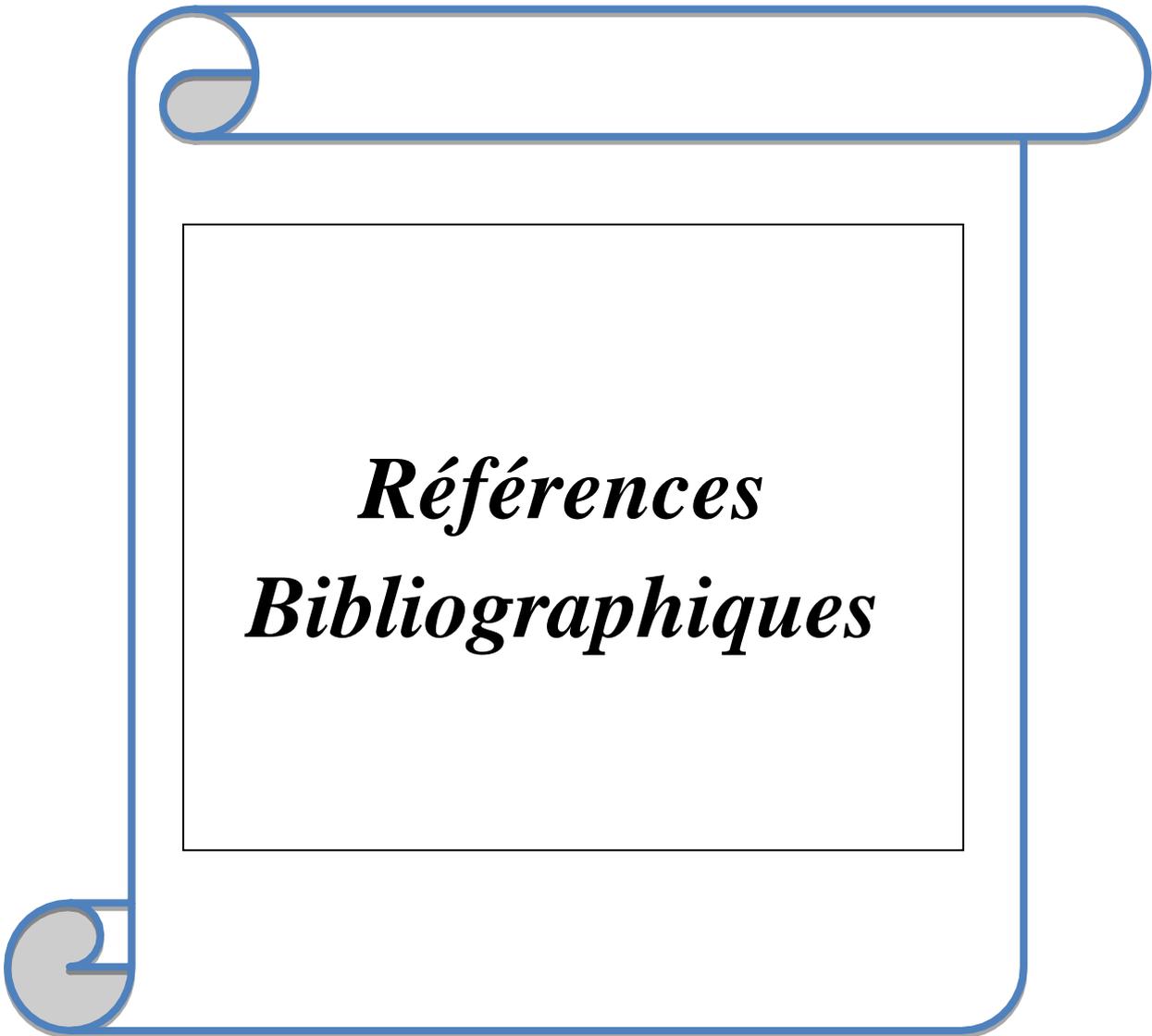
Nos résultats de simulation à l'aide de PVsyst montrent l'efficacité faible du système installé au niveau de la région de Sfisifa dans un lieu dit « dir hereche) soit 27 % à cause de l'ancien matériel posé (la date de réalisation en 2006). Ce dernier n'est ni opérationnel, ni disponible au niveau du marché Algérien. Maintenant, il est envisagé d'actualiser le matériel par l'installation des panneaux solaires du modèle IFRI SOL, d'une puissance de 280 W, une pompe de marque PANELLI ou CAPRRARI de 5 cv et un onduleur de marque GROWATT ou INVT de 5 KW ou 4 KW.

Nous avons analysé avec le logiciel Homer le système hybride qui dimensionne les différents composants de l'installation Photovoltaïque à savoir les panneaux photovoltaïques, le générateur diesel, d'où nous pouvons constater les résultats suivants :

- Dans notre pays, nous avons des prix du diesel moins chers par rapport à d'autres pays, et à partir de là, le générateur peut être utilisé comme une aide aux panneaux solaires pour produire de l'énergie, mais il ne peut pas être totalement utilisé pour éviter les émissions polluantes.
- Il est également intéressant à l'avenir de trouver des moyens d'améliorer la production

Conclusion générale

- d'énergie PV, par exemple en introduisant un système de suivi de la trajectoire du soleil.
- Le coût de la technique de pompage par groupes électrogènes au début de l'exploitation moins coûteuse. Mais la balance bascule en faveur de la solution de pompage par énergie solaire photovoltaïque après quelques années d'exploitation (15 à 20 ans environ). Le point critique de cette dernière solution réside sur l'investissement initial qui donne un point d'avantage à la solution de pompage par groupe électrogène.
- La solution d'ajouter des batteries dans le système hybride pour les zones pastorales n'est pas envisageable à cause des facteurs suivants : le coût des batteries est très élevé et la profondeur de décharge des batteries est très rapide ce qui limitera ça durée de vie de plus l'insécurité de cette dernière dans le milieu posé puisqu'elle est exposée au danger de vol.
- Il est intéressant d'améliorer la production d'énergie PV, en introduisant une source d'énergie éolienne vu que notre région possède un potentiel de vent allant jusqu'à 4 m/s.



***Références
Bibliographiques***

Références Bibliographiques

- [1] S. Mahmoudi, « Caractérisation et évaluation des systèmes de culture dans la wilaya de Naâma », mémoire de master, option : amélioration de la production végétale et biodiversité, université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen, 2013/2014.
- [2] N.Touil, S.Ghenbazi, « Modélisation et Simulation d'un Système Photovoltaïque » mémoire de magistère en génie électrique, spécialité: réseaux électriques, université Echahid Hama Lakhder d'El-Oued, 2015.
- [3] F. Maoulida, « Développement d'un Système Hybride De Génération d'énergie En Site Isolé Pour La Télécommunication Et Réalisation d'un Régulateur De Charge Solaire », thèse master d'ingénierie en énergies renouvelables, mention : physique et application, université d'Antananarivo, le 07 Juin 2018.
- [4] C. Darras, « Modélisation de systèmes hybrides Photovoltaïque / Hydrogène : Applications site isolé, micro-réseau, et connexion au réseau électrique dans le cadre du projet PEPITE (ANR PAN-H) », thèse de doctorat, mention : Energétique et génie des procédés, université de corse-pascal Paoli, 2011.
- [5] La biomasse est une énergie renouvelable, <https://www.biomasse-normandie.fr/encyclopedie/la-biomasse-est-une-energie-renouvelable/> ,consulté le 16/05/2021.
- [6] Utilisation possibles de l'énergie géothermique par l'Homme, <https://www.maxicours.com/se/cours/utilisations-possibles-de-l-energie-geothermique-par-l-homme/> , consulté le 15/05/2021.
- [7] D. Mida, « Contribution à la Modélisation d'un Système de Production d'Énergie Électrique Hybride « Éolien – Photovoltaïque » », thèse de doctorat, Spécialité: Réseaux Électriques, Université Mohamed Khider – Biskra, 10/04/2019.
- [8] L'énergie solaire, <https://tpemaisonecologique.wordpress.com/lenergie-solaire/> , consulté le 15/05/2021.
- [9] M. Ayachi, F.Rachdi, « Etude et simulation d'un système hybride de production d'énergie électrique », thèse de Master en électrotechnique, Spécialité : machines et réseaux électriques, université Tahar Moulay Saida, Soutenu le 22/06/2017.
- [10] Hydroélectricité, <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/hydroelectricite> , consulté le 15/05/2021.
- [11] A. Mamadie Sylla, « modélisation d'un émulateur éolien à base de machine asynchrone à double alimentation », comme exigence partielle de la maîtrise en génie électrique, mémoire présenté à l'université du Québec à Trois-Rivières, 2013.

Références Bibliographiques

- [12] B.Kelkoul, « Etude et commande d'une turbine éolienne utilisant une Machine Asynchrone à Double Alimentation », mémoire de magister, option : Automatique, Université de Tlemcen, Soutenu le : 29/06/2011.
- [13] S.Chekour, S.Khennouche, « L'effet des énergies renouvelables et non renouvelables sur la croissance économique. Cas : Algérie, Maroc, Tunisie », mémoire de master en sciences économiques, option : économie quantitative, université Abderrahmane Mira de Bejaia, 2019/2020.
- [14] A. Bouziane, « Évaluation du rayonnement solaire en Algérie pour des applications photovoltaïques », Mémoire de Master en Physique Energétique et Energies Renouvelables, université Mohamed Boudiaf – Msila, Soutenu le /06 /2018.
- [15] M.Lakhdar Louazene, « Contribution à l'optimisation des systèmes photovoltaïques utilisés pour l'irrigation dans les zones sahariennes – Application zone de Ouargla », thèse de Doctorat, Option : Maîtrise d'Energie, université el Hadj Lakhdar - Batna, 2014/2015.
- [16] M. Salmi, « Contribution à la quantification de l'irradiation solaire globale en Algérie et applications aux générateurs photovoltaïques », thèse doctorat en sciences, option : Physique Energétique, Université Ferhat Abbas de Sétif, Soutenu le : 27/06/2012.
- [17] DPSB (Direction de la programmation et du suivi budgétaires), wilaya de Nâama, 2018.
- [18] A. Hamlat, « Contribution a la gestion des ressources en eau des bassins versants de l'ouest Algérien a l'aide d'un système informatise », thèse de doctorat es-sciences, spécialité hydraulique, université des sciences et de la technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, soutenue le 25/06/2014.
- [19] I. Haddouche, B.Toutain, S. Saidi, K. Mederbal, « Comment Concilier Développement Des Populations Steppiques Et Lutte Contre La Désertification? Cas de la wilaya de Nâama (Algérie) », NEW MEDIT N. 3/2008.
- [20] S.Moreau, A.benziene, A.boudjadja, « Conservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles des sites de mergueb (msila), Oglet Ed Daira (Naâma) et Taghit (Bechar) », direction du projet dgf/gef/pnud-alg/00/g35/2005.
- [21] M. Mokhtar, « Optimisation Technico-économique des Réseaux Electriques Distribués », thèse de doctorat en Electrotechnique, université d'Oran science et la technologie Mohamed Boudiaf ,2019-2021.
- [22] A. Bensaïd, « Sig et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride : le cas de la wilaya de Nâama (Algérie) », Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 2006, Français. , tel-00169433.
- [23] A. Tabouch, « Les villages socialistes pastoraux frontaliers en milieu steppique Le cas de la wilaya de Nâama (Algérie) », thèse de magister, option : évolution et dynamique des milieux semi-aride et aride, université d'Oran es-Sénia, 2011.

Références Bibliographiques

- [24] ANRH (Agence nationale des ressources hydrauliques), wilaya de Nâama, 2019.
- [25] HCDS (Haut-Commissariat du Développement de la Steppe), wilaya de Nâama, 2021.
- [26] B.Fazia, « Modélisation et simulation des performances d'une installation hybride de conversion d'énergies renouvelables », mémoire de magister, université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 26 /09/2011.
- [27] B. Mohamed Amine, R. Adel, « Etude, dimensionnement et simulation d'un système hybride photovoltaïque-diesel alimentant une habitation isolée », mémoire de magister, université A-mira de Bejaia, 2015/2016.
- [28] B. Abdallah Brahim, « Etude des différentes configurations des systèmes d'énergie hybrides PV/diesel et de leurs impacts sur le coût de production de l'électricité », mémoire pour l'obtention du master d'ingénierie en eau et environnement, 2013.
- [29] N. Yao Thomas, « Modélisation et optimisation des systèmes hybrides PV/diesel : validation expérimentale par le pilote « flexy energy » », mémoire master, institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, 2010.
- [30] <https://fr.db-city.com/Alg%C3%A9rie--Nâama--Sfissifa--Sfissifa>, consulté (20/05/2021).
- [31] <https://www.liberte-algerie.com/ouest/les-filieres-agricoles-et-lelevage-en-plein-essor-317654> ,consulté (20/05/2021).
- [32] <http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/facts/07-024.htm> ,consulté (20/05/2021).
- [33] D. Réda, B. Mouhouche, « Évaluation de l'Eau Virtuelle de la Phoeniciculture Algérienne pour sa Meilleure Utilisation », département du génie Rural, école nationale Supérieure Agronomique–Ensa, El Harrach, Alger, Algérie, 2017.
- [34] S. Nouredine, S. Mohand, « Le développement de l'agriculture au Sud (Sahara) face à la contrainte énergétique : cas de l'Algérie »,2019.
- [35] B. Afaf, « Évaluation du rayonnement solaire en Algérie pour des applications photovoltaïques », mémoire master académique, université Mohamed Boudiaf - M'sila, 2018.
- [36] B. Tarek, « Optimisation d'un système photovoltaïque : Application en continu et en alternatif », mémoire de magister en électrotechnique, université Mentouri de Constantine 1, 2014.
- [37] N. Tidjani, H. Mohammed Fatah, « Etude comparative entre un système PV et un système éolien pour le pompage de l'eau dans la ville de Ouargla », mémoire master académique, université kasdi Merbah Ouargla, 2018.
- [38] N. Mohammed Islam, M. Ahmed Chaouki, « Dimensionnement d'un générateur

Références Bibliographiques

photovoltaïque pour un système de pompage dans la région d'Ouargla », Mémoire master académique, université kasdi Merbah Ouargla, 2020.

[39] M. Yacine, L. Yacine, « pompage hybride et application », mémoire master Université Abderrahmane Mira de Bejaïa, 2019/2020.

[40] L. Mohamed Lakhdar, « Etude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque sur le site d'Ouargla », mémoire de magister en électrotechnique, université el hadj Lakhdar – Batna, 2008.

[41] https://www.lenntech.fr/uploads/grundfos/95027329/Grundfos_SQF-1-2-2-N.pdf ,consulté (20/05/2021).

[42] <https://product-selection.grundfos.com/products/sqflex/sqf-12-2-95027328?tab=variant-curves> ,consulté (22/05/2021).

[43] <http://www.dknews-dz.com/article/134287-naama-achevement-de-plusieurs-operations-dalimentation-des-zones-dombre-en-eau-potable.html?print=1> ,consulté (20/05/2021).

[44] D. Mohammed, L. Ben Ahmed Bachir, « Dimensionnement d'un Système de Pompage Photovoltaïque », mémoire master professionnel, université kasdi Merbah Ouargla, 2017.

[45] M. R. Nebbali, «Etude et dimensionnement d'une installation photovoltaïque », Mémoire master académique, université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 2016/2017.

[46] <https://www.kent-tech.fr/fiche/52051/panneau-solaire-polycristallin-12v-120w.htm> . , consulté (22/05/2021).

[47] B. Bouzidi, « Analyse de la faisabilité et la rentabilité économique de systèmes de pompage d'eau par énergie solaire photovoltaïque », mémoire de magister, école nationale Polytechnique, Alger

[48] Langlois, www.langlois.france.com.

[49] Tarek TAS. Mohammed Sellam, «Analyse d'une installation de pompage photovoltaïque appliquée à un site agricole saharien», mémoire master, Génie mécanique, université de Bouira.

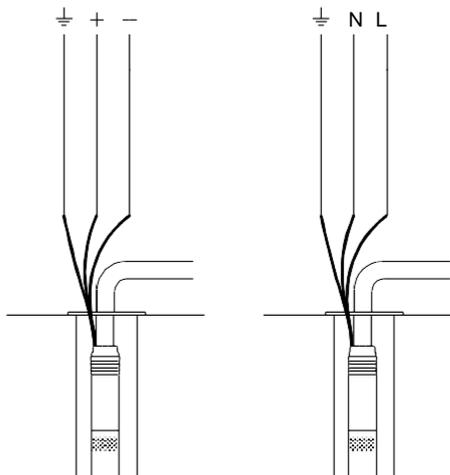
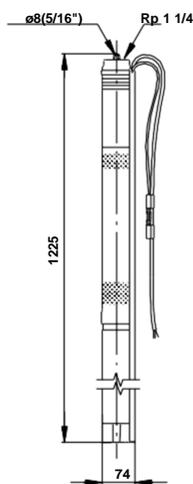
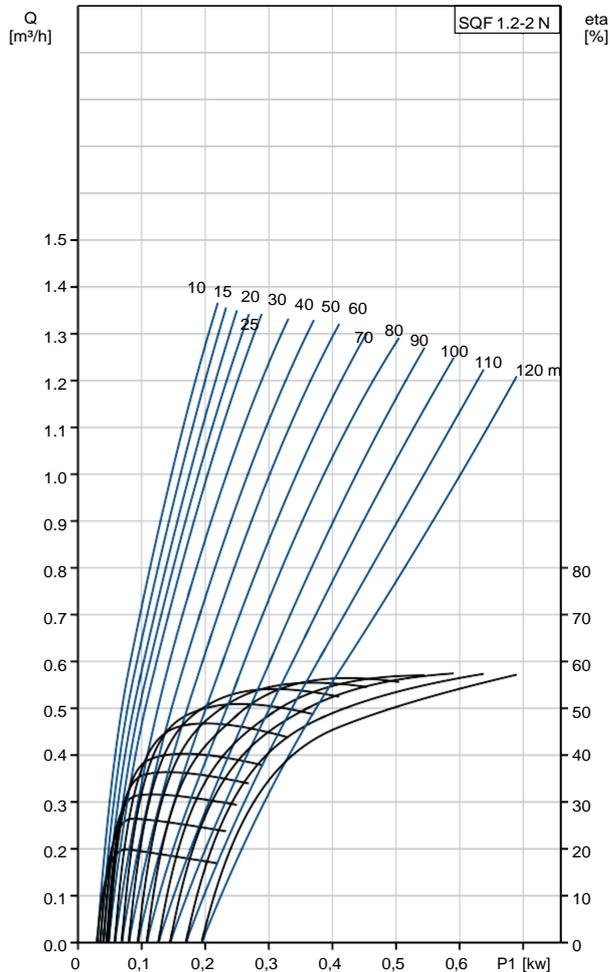
[50] S. Islam, M. Sami, « Dimensionnement et Étude d'une installation photovoltaïque Pour le site universitaire de Mila », Projet de Fin d'Etude de MASTER, Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf – Mila, 2019/2020.



ANNEXES

Annexe A

Description	Valeur
Information générale:	
Nom produit:	SQF 1.2-2 N
Code article:	95027329
Numéro EAN::	5700834791734
Technique:	
Etages:	2
Certifications sur la plaque signalétique du moteur:	CE,RCM,EAC
Certifications sur la plaque signalétique de la pompe:	CE,EAC
Pompe No:	95027412
Clapet:	pompe avec clapet anti-retour intégré
Matériaux:	
Pompe:	Acier inoxydable DIN W.-Nr. 1.4401 AISI 316
Roue mobile:	DIN W.-Nr. 1.4401
Rotor:	Acier inoxydable DIN W.-Nr. 1.4401 AISI 316
Stator:	Acier inoxydable / EPDM DIN W.-Nr. 1.4401 AISI 316
Installation:	
Pression ambiante maximum:	15 bar
Refoulement pompe:	Rp 1 1/4
Diamètre minimum du forage:	76 mm
Liquide:	
Liquide pompé:	Eau
Température liquide maximum:	40 °C
Liquid temperature during operation:	20 °C
Masse volumique:	998.2 kg/m ³
Donnée électrique:	
Type moteur:	MSF3N
Puissance absorbée - P1:	1.4 kW
Tension nominale AC:	1 x 90-240 V
Tension nominale DC:	30-300 V
Courant nominal:	8.4 A
Facteur de puissance:	1.0
Vitesse nominale:	500-3600 mn-1
Méthode de démarrage:	direct
Indice de protection (IEC 34-5):	IP68
Classe d'isolement (IEC 85):	F
Protection moteur:	O
Protection thermique:	interne
Longueur du câble:	2 m
No moteur:	96275337
Udc:	300 V
	30 V
Autres:	
Index de Rendement Minimum, MEI ≥:	-.-
Poids net:	7.9 kg
Poids brut:	9.7 kg
Colisage:	0.024 m3
Région de vente:	Europe/South America



Annexe _B_

Plus de couleurs, de tailles et de hauteur: SKALA reçoit un nouvel agrément technique général

Plus d'individualité pour les façades solaires esthétiques, avec des charges dues au vent allant jusqu'à 100m de hauteur



Torgau (Allemagne) - 12 juin 2020

AVANCIS, le premier fabricant allemand de modules photovoltaïques haut de gamme, a doté son panneau architectural SKALA, destiné aux façades génératrices d'électricité, de nouvelles caractéristiques décisives. En plus d'un plus grand nombre de couleurs, de longueurs et d'une plus grande flexibilité pour le type et le sens d'installation, SKALA est désormais homologué pour une utilisation en façade avec des charges au vent pour des hauteurs allant jusqu'à 100 mètres. Déjà vainqueur de nombreux prix de design, SKALA établit une nouvelle référence pour les éléments de revêtement de façades générateurs d'électricité « Made in Germany » (fabriqué en Allemagne). En 2015, le module PV sans cadre avec système de montage caché, premier module en verre feuilleté collé de ce type bénéficiant de l'agrément technique général allemand (abZ), avait déjà établi une toute nouvelle norme pour les modules de façade solaire.

Façades jusqu'à 100 mètres de hauteur

SKALA est une plateforme de produits pour les façades ventilées, conçus à destination des architectes. L'élément central est son concept unique de rail arrière sans montage mécanique de la vitre frontale sans cadre. Le module architectural est entièrement installé sans éléments de fixation visibles et s'insère dans les façades sans cadre gênant. Avec ce nouvel agrément, SKALA est certifié pour des charges jusqu'à 3,3 kN / m² sur la façade, ce qui correspond à des charges au vent dans un bâtiment d'une hauteur maximale de 100 mètres.

Utilisation en format portrait et paysage

L'agrément de montage pour SKALA a été étendu du format portrait existant au format paysage. SKALA est donc le seul module solaire en Allemagne doté d'un système de rail arrière collé répondant aux exigences élevées de sécurité de l'Institut allemand de la technique de construction (DIBt

Annexe _C_

Jours	Heurs (h)	L'angle d'inclinaison (°)	orientation	Rayonnement (w/m ²)	Température(c°)		Duré de Remplissage bassin
					T0	T1	
Dimanche (16/05/2021)	9	25	Sud	668	23	32	1 min 27s
	10	35	Sud	780	38	43	1min25s
	11	50	Sud	930	50	5°	1min23s
	12	75	Sud	1021	53	55	1min22s
Mardi (18/05/2021)	9	25	Sud	450	25	30	1min27s
	10	35	Sud	579	35	38	1min24s
	11	50	Sud	875	41	45	1min23s
	12	75	Sud	953	50	52	1min22s
Mercredi (19/05/2021)	9	25	Sud	550	27	30	2min00s
	10	35	Sud	778	45	47	1min24s
	11	50	Sud	990	50	52	1min23s
	12	75	Sud	1105	53	53	1min22s
Jeudi (20/05/2021)	9	25	Sud	556	31	37	1min 34s
	10	35	Sud	800	41	44	1min25s
	11	50	Sud	1007	52	53	1min23s
	12	75	Sud	1107	55	58	1min21s
Dimanche (23/05/2021)	9	25	Sud	406	30	35	2min50s
	10	35	Sud	240	34	36	1min53s
	11	50	Sud	880	38	39	1min 40s
	12	75	Sud	1010	41	46	1min27s
Lundi (24/05/2021)	9	25	Sud	516	29	33	1min25s
	10	35	Sud	650	38	34	1min23s
	11	50	Sud	885	40	44	1min21s
	12	75	Sud	905	49	50	1min 20s
Mardi (25/05/2021)	9	25	Sud	420	29	34	1min 38s
	10	35	Sud	560	36	36	1min30 s
	11	50	Sud	720	35	34	1min25s
	12	75	Sud	790	34	34	1min22s

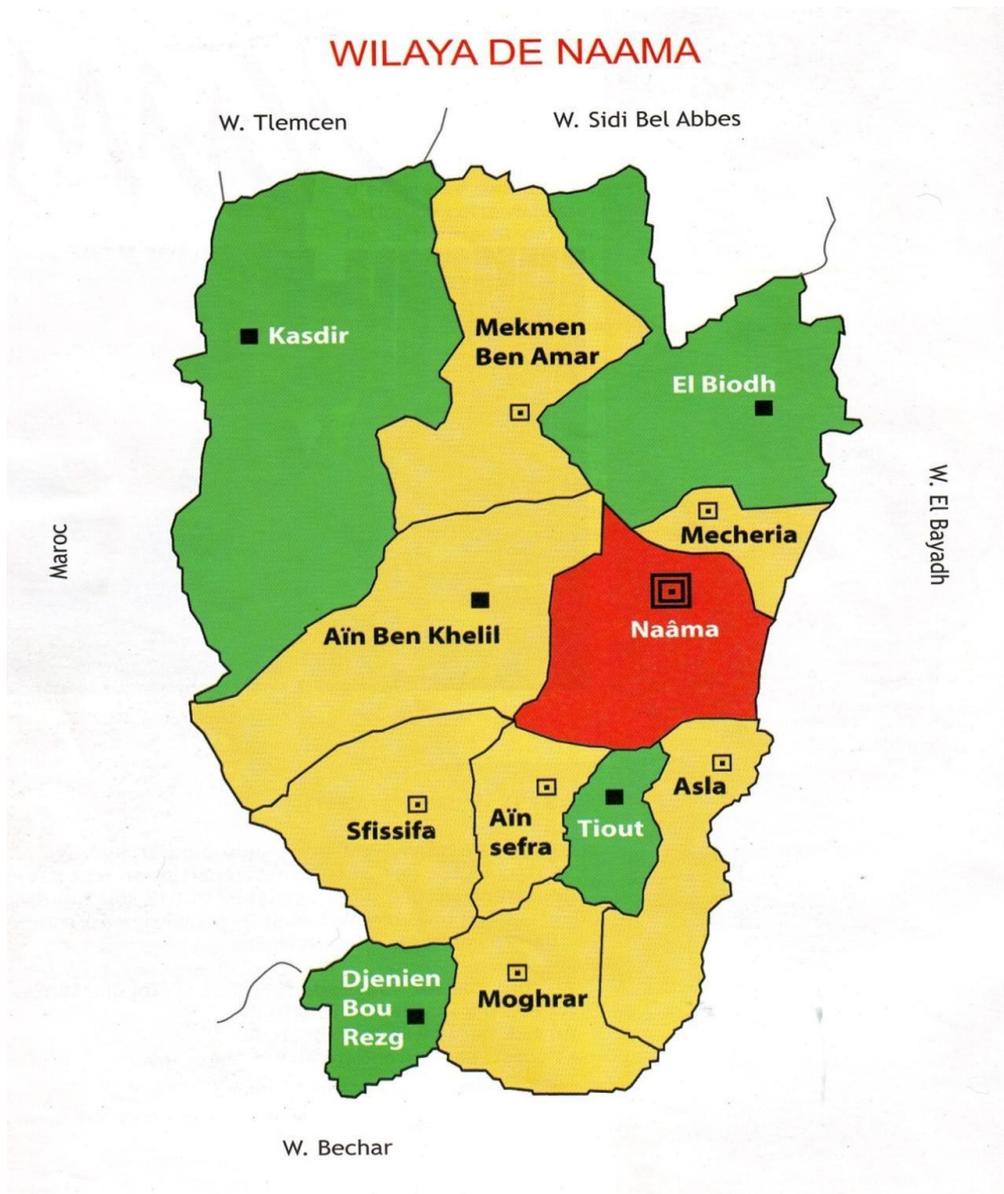
Jours	Heurs (h)	L'angle d'inclinaison (°)	Panneau						
			I _{max} (A)	V _{co} (v)	I _{cc} (A)	P _{max} (w)	V _{max} (v)	η (%)	FF
dimanche (16/05/2021)	9	25	3.286	41.54	3.572	106.2	32.34	10.62	0.716
	10	35	3.816	41.18	4.178	121.2	31.77	12.12	0.704
	11	50	4.810	40.36	5.384	146.3	30.42	14.63	0.673
	12	75	5.195	39.34	5.859	151.7	29.20	15.17	0.658
Mardi (18/05/2021)	9	25	2.249	41.94	2.635	76.06	33.82	7.606	0.688
	10	35	3.342	41.63	3.660	109.3	32.71	10.93	0.717
	11	50	4.476	40.85	4.974	137.6	30.73	13.76	0.677
	12	75	5.388	39.67	5.943	159.4	29.58	15.94	0.676
Mercredi (19/05/2021)	9	25	2.564	40.92	2.808	84.19	32.83	8.419	0.732
	10	35	3.820	40.06	4.276	123.2	32.25	12.32	0.701
	11	50	4.697	40.45	5.505	145.2	30.91	14.52	0.652
	12	75	5.015	39.34	7.096	156.8	31.28	15.68	0.561
Jeudi (20/05/2021)	9	25	2.441	41.42	2.930	82.11	33.63	8.211	0.676
	10	35	3.654	41.17	4.030	119.0	32.59	11.90	0.717
	11	50	4.863	39.98	5.364	148.6	30.57	14.86	0.693
	12	75	5.719	39.96	6.308	171.9	30.06	17.19	0.681
Dimanche (23/05/2021)	9	25°	2.332	41.57	2.691	78.78	33.77	7.878	0.704
	10	35	1.509	41.33	1.782	51.27	33.97	5.127	0.695
	11	50	4.407	41.44	4.826	141.0	32.00	14.10	0.705
	12	75	4.919	41.25	5.999	156.2	31.75	15.62	0.631
Lundi (24/05/2021)	9	25	2.618	42.75	2.866	91.57	34.97	9.157	0.747
	10	35	3.418	42.85	3.716	118.5	34.66	11.85	0.742
	11	50	4.405	42.18	4.788	146.1	33.17	14.61	0.723
	12	75	5.114	40.80	5.599	160.1	31.31	16.01	0.700
Mardi (25/05/2021)	9	25	2.055	42.04	2.300	71.99	35.03	7.199	0.744
	10	35	3.036	42.06	3.276	102.6	33.79	10.26	0.744
	11	50	3.882	41.93	4.160	129.3	33.31	12.93	0.741
	12	75	4.436	41.54	4.966	143.0	32.25	14.30	0.693



PVsyst - Rapport de simulation

Système de pompage PV

Projet:
Système de pompage PV
Puissance système : 1440 Wc
Sfissifa - Algérie





Projet: Installation du système pompage au fil de soleil dans la commune sfissifa wilaya de NaamaFF3

Variante: sfissifa.project3

PVsyst V7.1.4

VC5, Simulé le :

13/06/21 13:15

avec v7.1.4

Résumé du projet

Site géographique

Sfissifa

Algérie

Situation

Latitude 32.79 °N

Longitude -1.01 °W

Altitude 1361 m

Fus. horaire UTC+1

Paramètres du projet

Albédo 0.20

Données météo

Sfissifa

Meteonorm 7.3 (1986-2005), Sat=100 % - Synthétique

Résumé du système

Système de pompage PV

Orientation plan capteurs

Plan fixe

Inclinaison/Azimut 35 / 0 °

Forage vers réservoir

Besoins d'eau

Constant sur l'année 8.00 m³/jour

Information système

Champ PV

Nombre de modules 12 unités

Pnom total 1440 Wc

Résumé des résultats

Eau

Eau pompée 3043 m³

Spécifique 461 m³/kWc/bar

Besoins d'eau 2920 m³

Eau manquante -4.2 %

Énergie

Energie à la pompe 826 kWh

Spécifique 0.27 kWh/m³

Inutilisé (réservoir plein)

Energie PV inutilisée 2093 kWh

Fraction inutilisée 68.4 %

Efficacités

Efficacité système 27.0 %

Efficacité de la pompe 48.3 %

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 spéciaux	6



Projet: Installation du système pompage au fil de soleil dans la commune sfissifa wilaya de NaamaFF3

Variante: sfissifa.project3

PVsyst V7.1.4

VC5, Simulé le :
13/06/21 13:15
avec v7.1.4

Paramètres généraux

Système de pompage PV		Forage vers réservoir		Réservoir	
Besoins du système		Caractéristiques du forage		Besoins d'eau	
Pression de base	43 mCE	Prof. du niveau statique	-32 m	Volume	250.0 m ³
Besoins d'eau		Rabattement	-2.00 m/m ³ /h	Diamètre	5.6 m
Constant sur l'année	8.00 m ³ /jour	Diamètre	8 cm	Alimentation par le bas	
Circuit hydraulique		Niveau pompe	-95 m	Niveau du fond	1.0 m
Longueur de tuyaux	200 m	Niveau dynamique minimum	-92 m	Hauteur (niveau plein)	10.0 m
Tuyaux	DN150	Orientation plan capteurs			
Dint	155 mm	Plan fixe			
		Inclinaison/Azimut	35 / 0 °		

Champ PV et pompe

Module PV		Pompe																					
Fabricant	Avancis	Fabricant	Grundfos SQFlex																				
Modèle	PowerMax 3.5 120W	Modèle	SQF 1.2-2 30-300 V																				
(Base de données PVsyst originale)		Technologie pompe	Cavité progressive																				
Puissance unitaire	120 Wc	Pompe immergée (forage)																					
Nombre de modules PV	12 unités	Moteur	Moteur DC à aimant permanent																				
Nominale (STC)	1440 Wc	Convertisseur associé ou intégré																					
Modules	6 Chaînes x 2 En série	Type	MPPT																				
Aux cond. de fonct. (50°C)		Plage de tension	30 - 300 V																				
Pmpp	1299 Wc	Cond. de fonctionnement																					
U mpp	76 V																						
I mpp	17 A																						
Puissance PV totale																							
Nominale (STC)	1 kWc																						
Total	12 modules																						
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Pression min.</th> <th>Pression nom.</th> <th>Pression max.</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>10.0</td> <td>70.0</td> <td>120.0</td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Débit corresp.</td> <td>1.49</td> <td>1.31</td> <td>1.18</td> <td>m³/h</td> </tr> <tr> <td>Puissance req.</td> <td>240</td> <td>460</td> <td>680</td> <td>W</td> </tr> </tbody> </table>			Pression min.	Pression nom.	Pression max.			10.0	70.0	120.0	m	Débit corresp.	1.49	1.31	1.18	m ³ /h	Puissance req.	240	460	680	W
	Pression min.	Pression nom.	Pression max.																				
	10.0	70.0	120.0	m																			
Débit corresp.	1.49	1.31	1.18	m ³ /h																			
Puissance req.	240	460	680	W																			
		Appareil de contrôle																					
		Modèle appareil générique (optimisé selon ce système)																					
		Configuration du système Convertisseur MPPT-DC																					
Contrôle de fonctionnement du système																							
Régulateur générique, param. ajustés selon le système																							
Convertisseur de puissance																							
Type Convertisseur MPPT-DC																							
Cond. de fonctionnement																							
puissance nominale	1400 W	Tension MPP minimale	30 V																				
Puissance seuil	14 W	Tension MPP maximale	300 V																				
Efficacité maxi	96.5 %	Tension champ max.	300 V																				
Efficacité EURO	94.5 %	Courant d'entrée maximum	23.0 A																				

Pertes système

Fact. de pertes thermiques		Pertes câblage DC		Perte de qualité module	
Température modules selon l'irradiance		Rés. globale champ	70 mΩ	Frac. pertes	-1.3 %
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Frac. pertes	1.5 % aux STC		
Uv (vent)	0.0 W/m ² K/m/s				
Pertes de mismatch modules		Perte de "mismatch" strings		Facteur de perte IAM	
Frac. pertes	2.0 % au MPP	Frac. pertes	0.1 %	Paramétris. ASHRAE : IAM = 1 - bo(1/cosi -1)	
				Param. bo	0.05



Projet: Installation du système pompage au fil de soleil dans la commune sfissifa wilaya de NaamaFF3

Variante: sfissifa.project3

PVsyst V7.1.4

VC5, Simulé le :
13/06/21 13:15
avec v7.1.4

Résultats principaux

Production du système

Eau

Eau pompée 3043 m³
Spécifique 461 m³/kWh/bar
Besoins d'eau 2920 m³
Eau manquante -4.2 %

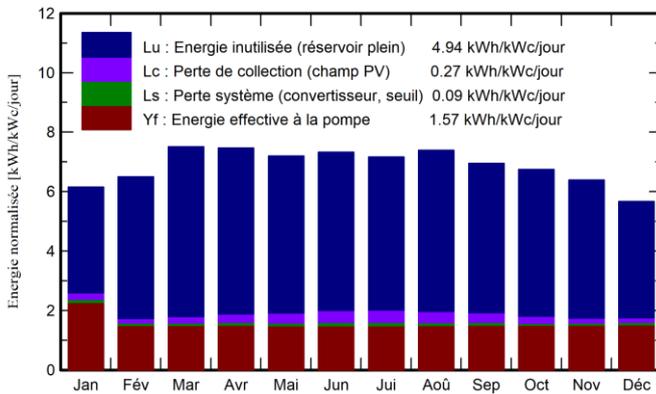
Énergie

Energie à la pompe 826 kWh
Spécifique 0.27 kWh/m³
Inutilisé (réservoir plein)
Energie PV inutilisée 2093 kWh
Fraction inutilisée 68.4 %

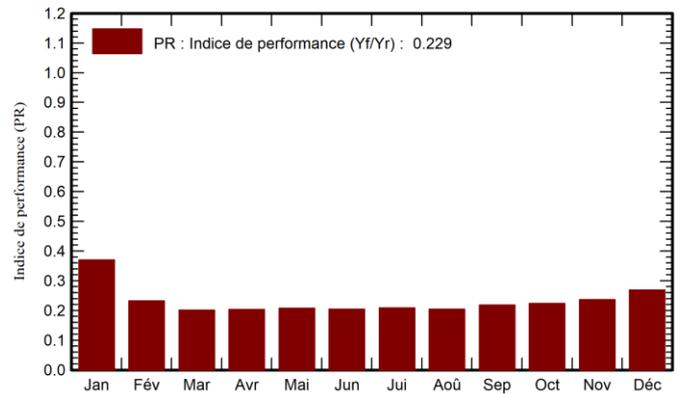
Efficacités

Efficacité système 27.0 %
Efficacité de la pompe 48.3 %

Productions normalisées (par kWp installé)



Indice de performance (PR)



Bilans et résultats principaux

	GlobEff kWh/m ²	EArrMPP kWh	E_PmpOp kWh	ETkFull kWh	H_Pump mCE	WPumped m ³	W_Used m ³	W_Miss m ³
Janvier	187.3	246.8	101.6	134.4	47.30	371.0	248.0	0.000
Février	178.7	232.6	60.7	161.5	47.33	224.0	224.0	0.000
Mars	227.9	287.6	67.2	207.4	47.10	248.2	248.0	0.000
Avril	218.0	273.7	65.6	195.5	46.27	240.1	240.0	0.000
Mai	216.3	267.8	66.6	188.6	46.18	248.0	248.0	0.000
Juin	212.6	256.7	64.4	179.4	46.20	240.0	240.0	0.000
Juillet	215.2	255.2	66.6	175.9	46.16	248.0	248.0	0.000
Août	223.3	265.3	67.2	186.0	46.17	248.0	248.0	0.000
Septembre	203.5	248.9	65.5	171.8	46.17	239.7	240.0	0.000
Octobre	205.4	256.0	67.3	177.6	47.50	248.0	248.0	0.000
Novembre	188.3	242.6	65.1	166.7	47.51	239.7	240.0	0.000
Décembre	172.6	226.1	68.1	147.7	47.83	248.3	248.0	0.000
Année	2449.1	3059.4	825.9	2092.5	46.71	3043.0	2920.0	0.000

Légendes

GlobEff	Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages	WPumped	Volume d'eau pompée
EArrMPP	Energie champ, virtuelle au MPP	W_Used	Eau consommée
E_PmpOp	Energie de fonctionnement pompe	W_Miss	Eau manquante
ETkFull	Energie inutilisée (réservoir plein)		
H_Pump	Pression totale moyenne à la pompe		



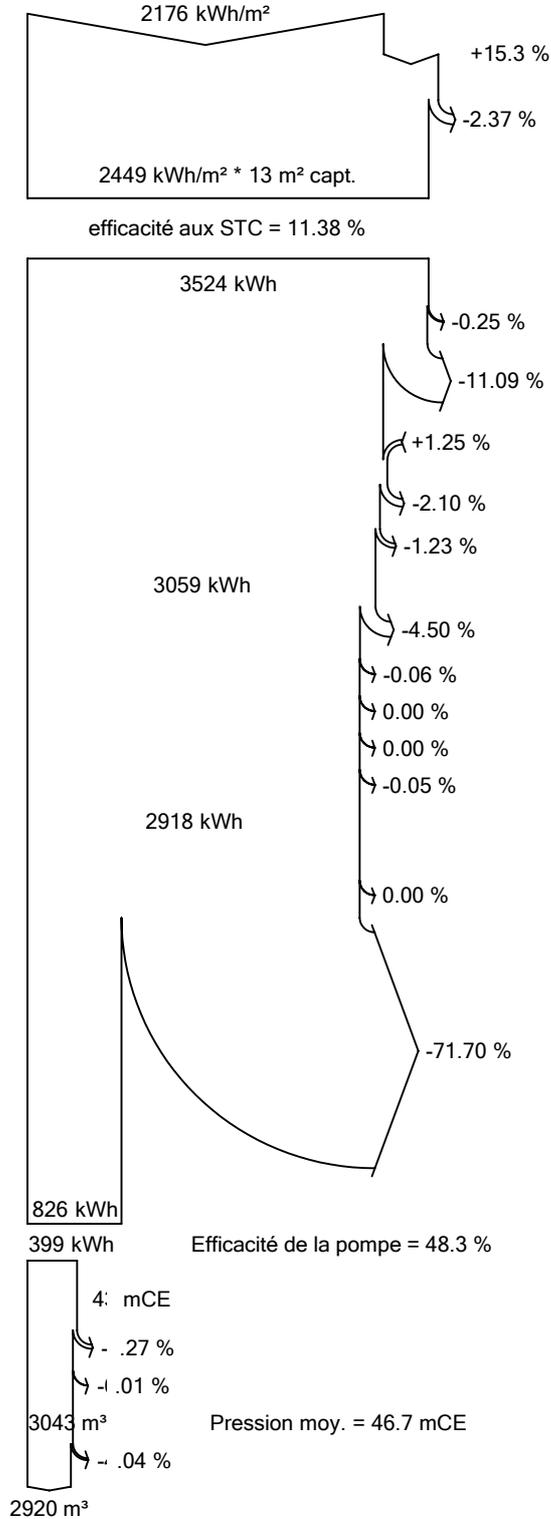
Projet: Installation du système pompage au fil de soleil dans la commune sfissifa wilaya de NaamaFF3

Variante: sfissifa.project3

PVsyst V7.1.4

VC5, Simulé le :
13/06/21 13:15
avec v7.1.4

Diagramme des pertes



Irradiation globale horizontale

Global incident plan capteurs

Facteur d'IAM sur global

Irradiation effective sur capteurs

Conversion PV

Energie champ nominale (selon effc. STC)

Perte due au niveau d'irradiance

Perte due à la température champ

Perte pour qualité modules

Pertes mismatch, modules et strings

Pertes ohmiques de câblage

Energie champ, virtuelle au MPP

Perte Convertisseur en opération (efficacité)

Perte Convertisseur, seuil de puissance

Perte Convertisseur, surtension

Perte Convertisseur, seuil de tension

Energie sous seuil de production pompe

Pertes électriques (convertisseur, seuils, surch.)

Energie sous le niveau d'aspiration min.

Energie inutilisée (réservoir plein)

Energie électrique utile à la pompe

Energie hydraulique à la pompe

Pression statique requise (débit nul)

Perte de pression de rabattement (forage)

Pertes de charge friction

Volume d'eau pompée

Bilan eau stockée début/fin intervalle

Besoins d'eau



Projet: Installation du système pompage au fil de soleil dans la commune sfissifa wilaya de NaamaFF3

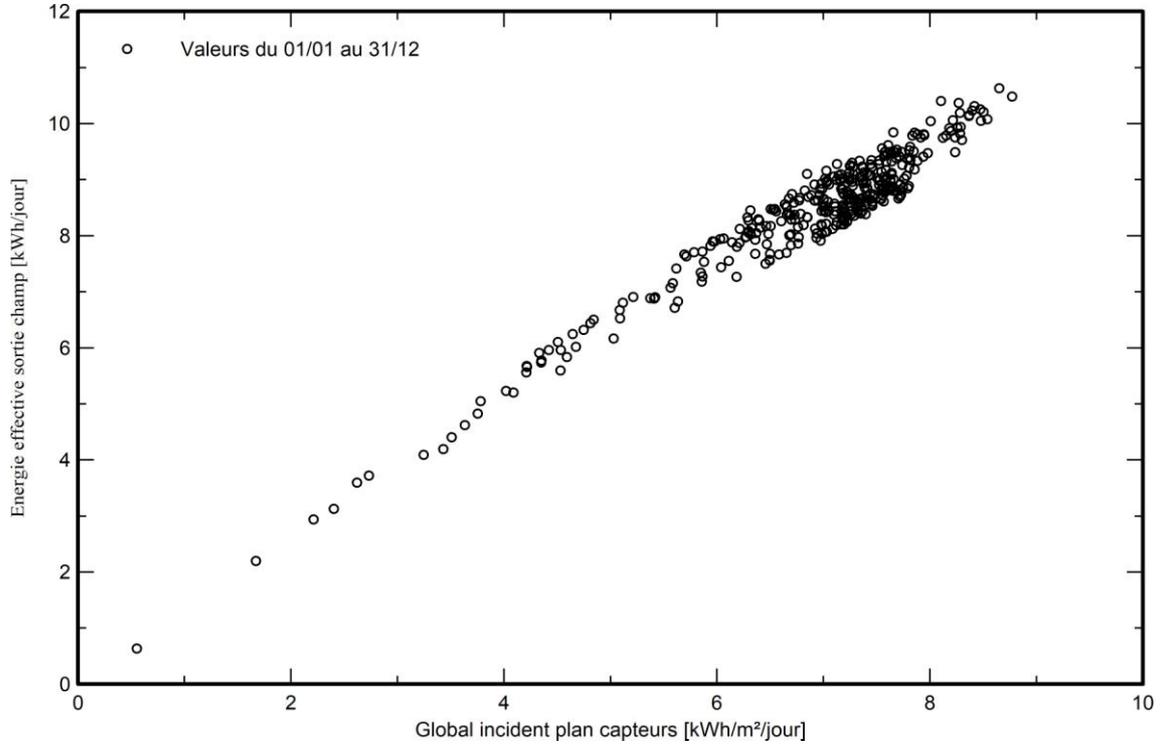
Variante: sfissifa.project3

PVsyst V7.1.4

VC5, Simulé le :
13/06/21 13:15
avec v7.1.4

Graphiques spéciaux

Diagramme d'entrée/sortie journalier



Annexe E

Résumé du projet

Site géographique

Sfissifa
Algérie

Situation

Latitude 32.79 °N
Longitude -1.01 °W
Altitude 1361 m
Fus. horaire UTC+1

Paramètres du projet

Albédo 0.20

Données météo

Sfissifa
Meteonorm 7.3 (1986-2005), Sat=100 % - Synthétique

Résumé du système

Système de pompage PV

Orientation plan capteurs

Plan fixe
Inclinaison/Azimut 35 / 0 °

Information système

Champ PV

Nombre de modules 8 unités
Pnom total 960 Wc

Forage vers réservoir

Besoins d'eau

Constant sur l'année 67.00 m³/jour

Résumé des résultats

Eau

Eau pompée 20675 m³
Spécifique 15207 m³/kWc/bar
Besoins d'eau 24455 m³
Eau manquante 15.5 %

Énergie

Energie à la pompe 1943 kWh
Spécifique 0.09 kWh/m³
Inutilisé (réservoir plein)
Energie PV inutilisée 0 kWh
Fraction inutilisée 0.0 %

Efficacités

Efficacité système 95.2 %
Efficacité de la pompe 46.2 %

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 spéciaux	6

