الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA
FACULTE DE LA TECHNOLOGIE
Département du l'électrotechnique

Mémoire de Fin d'Études
Présenté pour l'obtention du Diplôme de Master en Génie Électrique

Option : énergies solaire et éolienne

THEME

Viabilité économique d'un système hybride avec HOMER

Proposé et dirigé par
Dr. Ahmed FERRAI

Préparé et présenté par
M. Fekir Cherif

Remerciement :

Nous tenons à remercier vivement Mr. FERRAI Ahmed notre promoteur qui a fourni des efforts énormes, par ses informations ses conseils et ses encouragements.

Nous tenons également à remercier messieurs les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à notre soutenance.

Nos plus chaleureux remerciements pour tous ceux qui de près et de loin ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

Nous dédicaçons ce modeste travail :

- A nos chers parents qui n’ont soutenu durant toute la durée nos études.
  - A nos chères familles
  - A tous amis et nos proches
  - A tous nos camarades dans promotion 2017
  - A tous ceux qui sont chers
- A tous ceux qui nous aidé à mettre fin de ce projet.

Cherif

ملخص:

تعرض هذه المذكرة دراسة التصميم وتكلفة النظام الهجين لإنتاج الطاقة المتجددة، في مختلف أماكن معزولة في الجزائر عموما وولاية المدية خاصة لعدة مرافق هي (100بيت، مركز صحي، مدرسة، انارة عمومية) الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تحديد الحجم الأمثل وحساب التكلفة الصافية الحالية وتكلفة الطاقة كيلوات ساعي

هومر (الهجين المثالي للكهرباء المتجددة) هووالأداة لمثلى لأنظمة الطاقة المتجددة على لساس نظام الطاقة المستقلة

ويستخدم كأداة محاكاة للأنظمة الهجينة وهو برنامج تقني اقتصادي يعطي قيمة تقريبية للمشروع من حيث التكلفة والمعدات الازمة لتحقيق نجاعة اقتصادية وسير الحسن للنظام لهذا الأخير.

كلمات مفتاحيه : الطاقة المتجددة ،هومر، النظام الهجين، الموقع الغير متصل.

Résumé :

Ce mémoire présente une étude de dimensionnement et analyse du cout d'un système hybride de production de l'énergie renouvelable dans différents sites isolés en Algérie en générale et la wilaya de Médéa spécialement pour plusieurs équipements (100habitation, clinique, école, éclairage public).

L'objectif principal de cette étude est de déterminer la taille optimale et calculer le coût actualisée nette (APN, DZD), le coût d'énergie (COE, DZD • KWh -1)

Homer (modèle hybride d'optimisation pour l'électricité renouvelable), qui est l'outil d'optimisation des systèmes d'énergie renouvelable sur la base du système électrique autonome est utilisé comme un outil simulant. Un programme techniquo économique donne une valeur approximative du coût du projet et de la crise de l'équipement pour atteindre la viabilité économique et le bien fonctionnement du système de ce dernier.

Mot clés : énergie renouvelables, HOMER, système hybride, sites isolés.

Summary:

This paper presents a study of design and cost analysis of a hybrid system for producing renewable energy in isolated sites in Algeria and state of Medea for serval equipment (100 residential, clinic, school , public lighting)

The main objective of this study is to determine the optimal size and calculate the net present cost (NPC $), the cost of energy (COE, $ • kWh -1). Homer (Hybrid model of optimization for renewable electricity), which is the optimization tool for renewable energy systems based on the autonomous electrical system is used as a simulating tool. A technical economic program gives an approximate value of the cost of the project and of the equipment crisis to achieve the economic viability and the well-functioning of the system of the latter.

Key words: renewable energy, HOMER, hybrid system, isolated sites.

Table des matières

Introduction générale……..*1*
Chapitre 1 : généralités de système hybride……...*4*
L'OBJECTIF DE L'HYBRIDATION :……....5
1-Définition des systèmes SEH……..*5*
2-1 Générateur photovoltaïque……....8
2-2 : Générateur diesel……9
2-3-1 : génératrice éolienne ……...10
2-3-2 Génératrice synchrone ……11
2-3-2 Génératrice à aimants permanents ……...11
2-4 : Onduleurs……...12
2-5 : Charges……12
2-6 : Système d'exploitation……..12
2-7 : Réserve tournante……...12
2-8-Temps de fonctionnement minimal……....13
2-9-. Hystérésis ……....13
2-10 : Dimensionnement des SEH……....13
2-11 : Problèmes rencontrés dans le fonctionnement des SEH……....13
2-11 : les avantages et les inconvénients de système hybride à connexion parallèle……....15
2-11-1 : les avantages ……...15
2-11-2 : les inconvénients……..15
Chapitre 02 : PRESENTATION DU LOGICIEL « HOMER »……..….17
2.1. Introduction……18
2.2. Présentation du logiciel HOMER……...18
Principales caractéristiques……...20
2.4. Interfaces……...21
2.5. Données d'entrée…….....25
2.6. Résultats pouvant être obtenus……....26
2.7. Méthodologies spécifiques aux simulations……....29
2.8. Conclusion……....29
Chapitre 03 : **Insertion des donnés métrologiques et les entrées électriques et économiques**….....30
Les équipements du système……....31
Les composants électriques d'une habitation ……..31

Les composants électriques d'une école ……....31

Les composants électriques d'une clinique …….....31

Les composants électriques d'un éclairage public ……....31
3-1 : information sur le site ……..….32
3-1-1 : l'irradiation mensuelle de site Médéa……....32
3-1-2 : vitesse de vent mensuelle de site Médéa……...32

3-2 : les entrées électriques……...33
3-2-1: panneaux solaire (solar panel)……33
3-2-2 : génératrice éolienne (Wind turbin inputs)…….…33

3-2-4: batteries……..35

3-2-5 : générateur diesel……...36

3-2-6 : convertisseur (AC___DC) (DC___AC)……...36

3-2-7 : la charge (primary load)……...37

3-3 : les options économiques……..41

3-3-1 : le diesel ……....41

3-3-2 : contraint…….... 41

3-3-3 : les entrées économiques……...41

Chapitre 4 : résultats de simulation 43

4-1-1 : architecteur de système hybride globale……..44

4-1-2Interpretation des résultats optimiser…….45

4-2 : résultats des panneaux solaires (PV)……..47

4-3 : résultats de l'éolienne…….48

4-4 : résultats de générateurs diesel ……...49

4-5 : résultats obtenue par les batteries……...…50

4-6 : résultats obtenue par les convertisseurs bidirectionnels…….52

4-7 : résultats des émissions……53

4-8 : estimation des résultats est les coûts……..53

Conclusion générale ……...56

Liste des tableaux

Tableau 1-1 classification de SEH ……7

Tableau 2-1 : significatif de logiciel HOMER……..19

Tableau 4-1 : production électriques annuelle par instruments……46

Tableau 4-2 : le cout et le cout élémentaire des composants en dollar…….55

Tableau 4-3: le cout et le cout élémentaire des composants en dinars…….55

Liste des figures

Figure1-1 : l'architecteur de SEH.……...6

Figure 1-2 : Modèle général d'un système hybride PV/éolien/diesel/stockage.....8

Figure 1-3 : Configuration du générateur diesel……..….10

Figure2.1. Modèle conceptuel du logiciel HOMER…….20

Figure 2.2. Interface HOMER – Fichier vierge……....21

Figure 2.3. Interface HOMER – Équipements à ajouter……..….22

Figure 2.4. Interface HOMER – Équipements sélectionnés……..…23

Figure 2.5. Interface HOMER – Ressources…….23

Figure 2.6. Interface HOMER – Fichier complété……....24

Figure 2.7. Interface HOMER – Résultats des calculs……...…25

Figure 2.8. Données à fournir……..…...26

Figure 2.9. Résultats obtenus après simulation……..….26

Figure 2.10.Résumé des résultats ……..……27

Figure 2.11. Fenêtre des résultats détaillés…….....28

Figure 3-1 : l'irradiation mensuelle de Médéa.……..32

Figure 3-2 : vitesse de vent mensuelle de Médéa.……..32

Figure 3-3: PV inputs.……...33

Figure 3-4: Wind turbine inputs.……..34

Figure 3-5 : variation de puissance par rapport la vitesse de vent.……..34

Figure3-6 : batteries inputs.……..35

Figure 3-7 : détails de batterie.……..35

Figure 3-8 : générateur diésel……36

Figure 3-9 : convertisseur inputs……..37

Figure 3-10 : la consommation journalière de système globale 24/24 pendant les 12 mois…..37

Figure 3-11 : profil de charge quotidien 24/24h……38

Figure 3-12: profile de charge mensuelle [système globale]……..38.

Figure 3-13 : profile de charge mensuelle 24/24h……39

Figure 3-14 : histogrammes de fréquence…….39

Figure 3-15 : fréquence cumulative de charge globale……..40.

Figure 3-16 : DMP consommation horaires annuelle……40

Figure 3-17 : le prix de diesel par rapport 1 litre……41

Figure 3-18 : contraint de système global……41

Figure 3-19 : les entrées économiques……42

Figure 4-1 : architecteur de système hybride global……44

Figure4-2 : sensitive résultats de système hybride global……..44

Figure 4- 3 : résultats optimiser de système hybride global……44

Figure 4-4 : Résumé des flux de trésorerie pour le système hybride……45

Figure 4- 5 : Résumé des opérations et des remplacements pendant toute la durée de fonctionnement du Système……..46

Figure 4-6 : Quantité d'énergie totale quotidienne produite par le PV pendant une année……47

Figure 4-7 : résultats obtenue par le PV……47

Figure 4-8 : Quantité d'énergie totale quotidienne produite par l'éolienne pendant une année……..48

Figure 4-9 : résultats obtenue par l'éolienne……48

Figure 4-10 : Quantité d'énergie totale quotidienne produite par le générateur diesel pendant une année……..49

Figure 4-11: résultats obtenue par le GD……..49

Figure 4-12: Utilisation de la charge des batteries à travers une année……..50

Figure 4-13 : les résultats obtenus par les batteries……50

Figure 4-14 : Statistiques mensuelles pour le chargement des batteries.……..51

Figure 4-15 : état de charge en fonction de la fréquence ……..52

Figure 4-16 : résultats obtenues par l'onduleur.……....52

Figure 4-17 : résultats obtenues par le redresseur.……..52

Figure 4-18 : résultats obtenue par le convertisseur.……..53

Figure 4-19 : Quantité du gaz polluant émis par le système hybride.……..53

Figure 4-20 : Production électrique moyenne mensuelle de SEH.……....54.

Figure 4-21 : excès de l'électricité moyenne mensuelle de SEH.……..54

Liste des acronymes

ENR : énergies renouvelables

SEH : systèmes électriques hybride

HOMER : modèle hybride d'optimisation pour l'électricité renouvelable

GES: gaz a l'effet de serre

GD: générateur diesel

CC: courant continu

CA: courant alternative

PV: photo-voltaique

MAS: machine asynchrone

MS: machine synchrone

MSAP: machine synchrone d'aimants permanents

NREL: National Renewable Energy Laboratory

NPC: net present cost

AG: aéro-générateur

O&M: operating & maintenance

RF: renewable fraction

Introduction générale

Introduction générale

Dans tous les pays du monde, l'électricité est plus que jamais indispensable au développement économique. Son importance s'accroît avec les évolutions technologiques, l'industrialisation et le besoin de confort moderne. L'accroissement de sa production est donc synonyme d'augmentation de la qualité de vie et de création de richesse.

Actuellement, la principale source d'énergie utilisée pour produire de l'électricité, est celle issue des combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel et charbon). Or il s'avère que ces ressources sont présentes en quantités limitées et non renouvelables, et que leurs combustions engendrent des gaz à effet de serre Les sources d'énergies renouvelables présentent l'avantage d'être disponibles en quantité illimitée et d'être non émettrices de GES excepté lors de la fabrication des systèmes utilisant la source EnR. Leurs exploitations sont un moyen de répondre aux besoins en énergie tout en préservant l'environnement. Les principales sources d'énergies renouvelables sont l'hydraulique, le solaire, l'éolien, la biomasse, la géothermique, et l'énergie marine……

La production d'électricité décentralisée par sources d'énergies renouvelables, offre une plus grande sûreté d'approvisionnement des consommateurs tout en respectant l'environnement. Cependant, le caractère aléatoire de ces sources nous impose d'établir des règles de dimensionnement et d'utilisation de ces systèmes pour les exploiter au mieux. Après un bref bilan des ressources énergétiques exploitables, nous nous intéresserons aux systèmes de production existants, en particulier relatifs aux sources solaires et éoliennes.

Considérant leurs caractéristiques saisonnières respectives, ces deux énergies (solaire et éolienne) ne se concurrencent pas mais au contraire peuvent se valoriser mutuellement. C'est pourquoi on propose ici un système hybride composé de ces deux sources d'énergie, qui consiste en l'exploitation optimale de la complémentarité entre elles.

L'Algérie est un pays en développement où un bon nombre d'habitations se situent en territoires isolés ou à une distance significative du réseau électrique. Les coûts de raccordement au réseau sont importants et parfois, le raccordement est tout simplement impossible. C'est pourquoi les systèmes autonomes sont intéressants pour répondre aux besoins énergétiques des habitants de ces régions.

L'utilisation de génératrices carburant aux énergies fossiles représente la situation générale actuelle malgré quelques avancées qui ont été faites en utilisant des systèmes hybrides avec une génératrice diésel et des éoliennes, il ne reste pas moins que, les systèmes utilisent beaucoup du carburant fossile.

L'Algérie est située entre 36°42'N de latitude et 03°13' E de longitude, qui est un endroit idéal pour l'utilisation de l'énergie solaire. Le rayonnement solaire quotidien varie entre 3,8 et 6,5 kWh/m2. La ressource éolienne est également adaptée pour la production d'électricité en Algérie. La vitesse moyenne annuelle du vent est d'environ 4,17 m / s. Les systèmes seuls, éoliens ou photovoltaïques, nécessitent beaucoup d'accumulateurs pour pallier l'intermittence des gisements. Les systèmes hybrides autonomes avec des panneaux solaires photovoltaïques et des éoliennes s'annoncent donc comme une solution limitant l'intermittence des ressources. Un générateur diesel est ajouté pour assurer une alimentation continue.

*Est-ce que dans une région isolée en Algérie, les systèmes hybrides sont économiquement et techniquement viables ? Et Quel logiciel est reconnu et facilement accessible (coût, facilité d'utilisation, champ d'application) pour réaliser de telles études.

Chapitre 1 : Généralités de système hybride.

-L'OBJECTIF DE L'HYBRIDATION :

Le groupe électrogène au diesel a toujours été le moyen le plus utilisé pour l'alimentation électrique des sites isolés du réseau. Aisément installé et mis en fonction, bon marché, celui-ci est donc particulièrement adapté dans les pays peu ou pas électrifiés et sans moyen d'acquérir d'autres technologies de production d'énergie. Pourtant son exploitation entraine de fortes contraintes. Coûts en carburant ; Transport du carburant. C'est une problématique non négligeable lorsque l'on parle de site sans accès routier comme c'est souvent le cas en site isolé du réseau. L'approvisionnement est donc incertain et très dépendant des aléas naturels. Coûts d'entretien et de maintenance. Ces coûts sont dus à l'acheminement des pièces de rechanges et de personnel qualifié pas toujours présent sur place.

Depuis les débuts du développement photovoltaïque à l'échelle domestique, l'énergie solaire est apparue comme un moyen de diminuer la consommation de carburant de ce type d'installation. L'apport d'une énergie solaire gratuite permet de soulager le groupe voir de ne plus l'utiliser. Mais le coût prohibitif des modules photovoltaïques a empêché un développement à grande échelle. Depuis une dizaine d'année les tendances s'inversent. Entre 2003 et 2013 alors que le prix du pétrole est multiplié par trois, le coût des modules photovoltaïques diminue de 80%. La Figure 3 permet d'évaluer ces évolutions sur cette période.

1-Définition des systèmes SEH :

Les systèmes d'énergie hybrides (SEH) associent au moins deux technologies complémentaires: une ou plusieurs sources d'énergies classiques, généralement des générateurs diesels, et au moins une source d'énergie renouvelable [1, 2, 3, 4]. Les sources d'énergies renouvelables, comme le photovoltaïque, ne délivrent pas une puissance constante.

Leur association avec des sources classiques permet d'obtenir une production électrique continue. Les SEH sont généralement autonomes par rapport aux grands réseaux interconnectés et sont souvent utilisés dans les régions isolées.

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'énergies renouvelables, tout en maintenant la qualité de l'énergie fournie [3].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 régions isolées sont souvent caractérisés par une infrastructure (communication, services, etc.) pauvre, un accès difficile et un manque de personnel qualifié. Les performances d'un SEH, le rendement et la durée de vie, sont influencés en partie par sa conception, c'est-à-dire l'architecture, le dimensionnement des composants, le type de composants etc., et d'autre part, par le choix de la stratégie de fonctionnement. Quelques paramètres permettant d'évaluer ces performances sont : la consommation spécifique du groupe électrogène, le nombre et la durée des pannes, le nombre d'arrêt pour l'entretien, le coût du kWh etc. D'autre part d'un ou plusieurs générateurs diesels et d'au moins une source d'énergie renouvelable, un SEH peut aussi incorporer un système de distribution à courant alternatif(CA), un système de distribution à courant continu (CC), un système de stockage, des convertisseurs, des charges et une option de gestion des charges ou un système de supervision. Toutes ces composantes peuvent être connectées en différentes architectures. Celles-ci sont résumées sur la figure I-1 ci-dessous. Dans la plupart des cas, les systèmes hybrides classiques contiennent deux bus [4] : un bus à CC pour les batteries, les sources et les charges à CC et un bus à CA pour les générateurs à CA et le système de distribution. Les sources d'énergies renouvelables peuvent être connectées au bus à CA ou à CC en fonction de la configuration du système. L'interconnexion entre les deux bus peut être réalisée par l'électronique de puissance: onduleurs/redresseurs ou convertisseurs bidirectionnels. A part la charge principale, un système hybride peut contenir aussi des charges auxiliaires (charges différées, charge optionnelle, charges de délestage) pour réaliser l'équilibre énergétique. Si la charge principale est alimentée sans interruption, les charges auxiliaires sont alimentées en énergie par ordre de priorité, seulement quand il existe un surplus d'énergie. Ainsi, dans un SEH avec les batteries de stockage et charges auxiliaires, s'il existe un excès d'énergie (venant des sources d'énergie renouvelables et des diesels), celui-ci passera d'abord dans les batteries et ensuite, il sera utilisé pour alimenter les autres charges auxiliaires en fonction de leur priorité. Dans un tel système, les batteries de stockage jouent un double rôle : charge et source.

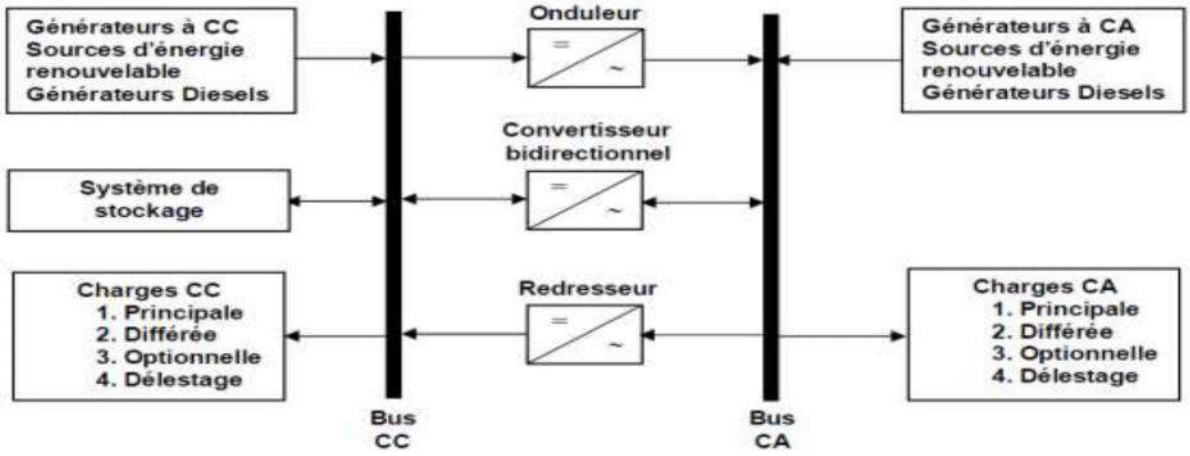


Figure 1-1 : l'architecteur de SEH a connexion parallèle.

La puissance délivrée par les SEH peut varier de quelques watts pour des applications domestiques jusqu'à quelques mégawatts pour les systèmes utilisés dans l'électrification de petites îles [6]. Ainsi, pour les systèmes hybrides ayant une puissance en-dessous de 100kW, la connexion mixte, bus à CA et bus à CC, avec des batteries de stockage, est très répandue [5, 7]. Le système de stockage utilise un nombre élevé de batteries pour être capable de couvrir la charge moyenne pendant plusieurs jours. Ce type de SEH utilise des petites sources d'énergie renouvelable connectées au bus à CC. Quand il existe une production en CA, elle vient, en principe, des générateurs diesels. Une autre possibilité est de convertir la puissance continue en puissance alternative à l'aide des onduleurs. Les systèmes hybrides utilisés pour des applications de très faible puissance (en dessous de 5kW) alimentent généralement des charges à CC [8]. Les systèmes plus grands, ayant une puissance supérieure à 100kW, sont centrés sur le bus à CA, avec des sources d'énergie renouvelable appréciés pour être connectées aux grands réseaux interconnectés [9]. Si ces systèmes contiennent des sous-systèmes de stockage, ce qui est rare, c'est pour lisser les variations de l'énergie de nature renouvelable. Le champ d'application des SEH est très large et par conséquent, il est difficile de classer ces systèmes. On peut néanmoins essayer de réaliser un classement par gamme de puissance (voir Tableau 1-1 ci-dessous). Les seuils de puissance donnés ne sont que des ordres de grandeurs.

Puissance du SEH (kW)	Applications
Faible : < 5	Systèmes autonomes : stations de télécommunication, de pompage de l'eau, autres applications isolées de faible puissance
Moyenne : 10 - 250	Micro réseaux isolés : alimentation d'un village isolé, d'un hameau, des zones rurales…
Grande : > 500	Grands réseaux isolés

Tableau 1-1 : classification de SEH.

- -Le système qu'on a pour cette étude contient :
- Panneaux voltaïques
- Éoliennes
- Générateur diesel
- Stockage

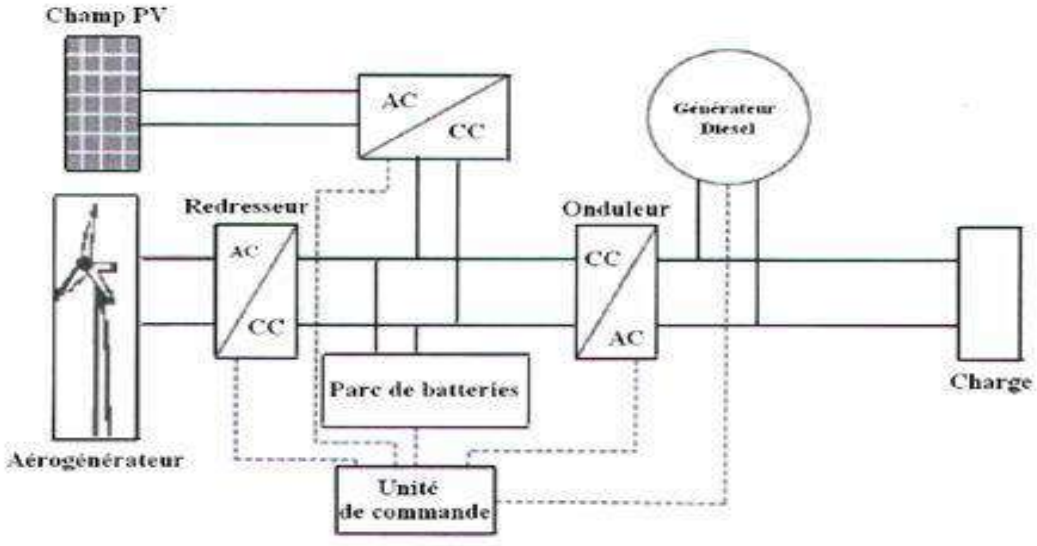


Figure 1-2 : modèle général d'un système hybride PV/éolien/diesel/stockage.

2-1 Générateur photovoltaïque :

La conversion photovoltaïque est la transformation directe de l'énergie du rayonnement solaire en énergie électrique, sous forme de courant continu directement utilisable. D'un point de vue purement technique, on estime que les systèmes de conversion à énergie solaire sont potentiellement capables de répondre à une grande partie de la demande énergétique mondiale [10]. Cette transformation du rayonnement solaire en électricité par le processus photovoltaïque

est un des moyens d'exploitation du gisement solaire. Elle est réalisée par des cellules photovoltaïques. Il est à noter qu'en dépit de cette terminologie, aucune énergie n'est stockée dans la cellule, ni sous forme chimique ni sous aucune forme. Ce n'est pas une pile, mais un convertisseur instantané, qui ne pourra fournir une énergie sous forme électrique que s'il reçoit une énergie sous forme de rayonnement. Une cellule sous obscurité totale va se comporter comme un composant passif. La cellule solaire ne peut être assimilée à aucun autre générateur classique d'énergie électrique de type continu. Elle n'est ni une source de tension constante ni une source de courant constant. Elle possède des caractéristiques non linéaires dépendant de l'éclairement. Actuellement, le rendement de conversion d'énergie solaire en énergie électrique est encore faible (le rendement le plus élevé aujourd'hui en laboratoire est de 25%) et sous un ensoleillent nominal de 1000 W/m2. Ce rendement faible de source photovoltaïque a incité les utilisateurs à exploiter le maximum de puissance électrique disponible au niveau du générateur PV. Ce maximum est généralement obtenu en assurant une bonne adaptation entre le générateur PV et le récepteur associé. Cette adaptation est effectuée à l'aide de convertisseur statique contrôlé (onduleur) pour différents modes de fonctionnement. La puissance disponible aux bornes d'une cellule est très faible. Il est donc nécessaire de disposer d'association en série et en parallèle de telles cellules pour obtenir des modules de puissance compatible avec le matériel électrique usuel. Pour obtenir des puissances supérieures, il est donc nécessaire de mettre en série et en parallèle plusieurs modules.

2-2 : **Générateur diesel**

Dans le cas d'un système d'énergie renouvelable, la production d'énergie électrique est réalisée en fonction des ressources (soleil, vent,…) et non de la demande. Dans le cas des installations autonomes, il est donc nécessaire de recourir au stockage ou d'ajouter un ou plusieurs groupes électrogènes diesels. Dans un système hybride PV/diesel, le générateur classique est généralement le moteur diesel directement couplé au générateur synchrone (voir figure 1-3 ci-dessous). La fréquence du courant alternatif à la sortir est maintenue par un gouverneur de vitesse sur le moteur diesel [11]. Le gouverneur fonctionne en ajustant le flux de carburant au diesel, pour garder les vitesses du moteur du générateur constantes. La fréquence du réseau est directement liée à la vitesse de rotation du générateur et elle est donc maintenue au niveau désiré.

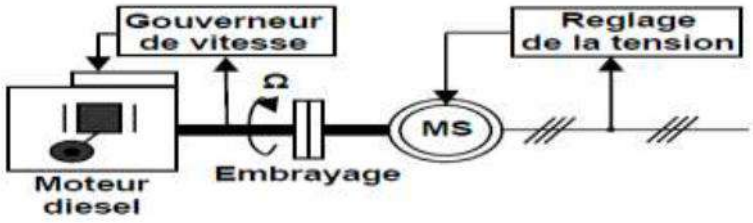


Figure 1-3 : **Configuration du générateur diesel.**

Le réseau de courant alternatif avec diesel, tout comme ceux interconnectés, fournissent pour leurs charges, deux formes d'énergie : active et réactive. Dans les processus industriels et domestiques utilisant l'énergie électrique, seule l'énergie active est transformée au sein de l'outil de production, en énergie mécanique, thermique, lumineux, etc., l'autre, l'énergie réactive, sert notamment à l'alimentation des circuits magnétiques des machines électriques (moteur, autotransformateurs, etc.). En fait, elle n'est pas consommée, mais les courants associés à la puissance réactive augmentent les pertes dans le système. Notons que la puissance réactive dans un système de CA avec générateur diesel est produite par le générateur synchrone. Cela est fait conjointement avec le réglage de la tension, en ajustant le courant d'excitation du générateur synchrone. Par conséquent, dans un système d'énergie à CA avec plusieurs générateurs diesels, on doit avoir au moins un générateur diesel connecté au réseau isolé, pour fournir la puissance réactive.

2-3-1 : génératrice éolienne :

Un générateur électrique est un dispositif permettant de produire de l'énergie électrique à partir d'une autre forme d'énergie, dans le cas d'une éolienne ce sera l'énergie mécanique du vent. La Machine Asynchrone (MAS) est utilisée dans la plupart des cas car cette génératrice peut supporter de légères variations de vitesse ce qui est un atout pour les éoliennes où la vitesse du vent peut évoluer rapidement notamment lors de rafales. Ces variations de vitesses engendrent des sollicitations mécaniques importantes sur le système qui se trouvent plus réduites avec une machine asynchrone qu'avec une génératrice synchrone qui fonctionne à vitesse fixe. La machine asynchrone est peu utilisée sur site isolé car elle nécessite des batteries de condensateurs pour la fourniture d'énergie réactive. La génératrice asynchrone nécessite de fonctionner à une vitesse nominale de plusieurs centaines de tours par minute, ce qui implique l'utilisation d'un multiplicateur entre le rotor (arbre lent) et la génératrice (arbre rapide). Cette chaîne cinétique implique des forces de frottements qui empêchent la rotation du rotor par vent faible, il faut donc vaincre ces forces d'inertie au démarrage grâce à un coup de vent plus important. La génératrice asynchrone peut être :

- A **rotor bobiné ou à bagues**. Les enroulements du rotor couplés en étoile sont reliés à un système de bagues/balais permettant ainsi l'accès à leurs bornes pour la connexion d'un convertisseur statique dans le cas d'un pilotage de la machine par le rotor.
- A **cage d'écureuil**. Le rotor est constitué de barres court-circuitées par des anneaux aux deux extrémités de l'armature. Les enroulements rotoriques ne sont alors pas accessibles.

On peut reconnaître une éolienne utilisant une génératrice asynchrone par la forme allongée de la nacelle, qui abrite la chaîne cinétique.

2-3-2 Génératrice synchrone :

La génératrice synchrone ou Machine Synchrone (MS) peut être utilisée dans le cas d'un entrainement direct lorsque la liaison mécanique entre le moyeu de l'éolienne et la génératrice est directe, sans utiliser de multiplicateur. Il faut cependant que la génératrice soit raccordée au réseau par l'intermédiaire de convertisseurs de fréquence. Si la génératrice est à aimants permanents, elle peut fonctionner en mode autonome car elle n'a pas besoin d'excitation extérieure. Le rotor est l'inducteur et le stator est l'induit. Le stator est constitué d'enroulements qui vont être le siège de courant électrique alternatif induit par la variation du flux du champ magnétique due au mouvement relatif de l'inducteur par rapport à l'induit. Cette technologie est privilégiée dans le cas des éoliennes offshore car la maintenance est réduite par rapport à une technologie utilisant une boite de vitesse.

2-3-2 Génératrice à aimants permanents :

Le rotor est constitué d'aimants permanents ou MSAP (générant donc un champ constant), dans ce cas la tension délivrée par la machine n'est pas réglable (si on ne tient pas compte des pertes dans les conducteurs). Les alternateurs à aimants permanents produisent un courant et une tension de fréquence proportionnelle à la vitesse de rotation donc à la vitesse du vent. La source d'excitation du rotor est indépendante du réseau contrairement à la machine synchrone à électroaimant. Ce type de machine tend à être de plus en plus utilisé par les constructeurs d'éoliennes car elle peut fonctionner en mode autonome et sont beaucoup plus légères que les autres types de générateurs. Les coûts de ce type de génératrice sont les plus faibles. Ce type de génératrice est très fréquemment utilisé dans le petit éolien.

Les génératrices à aimants permanents ont l'inconvénient de toujours produire la même densité de flux magnétique quel que soit la vitesse de rotation du rotor. Le rotor est donc difficile à démarrer car la résistance au mouvement est importante, son démarrage nécessite un vent relativement important. La construction de ces aimants est particulièrement gourmande en

terres rares (lanthanides) notamment ceux à base de néodyme peuvent nécessiter jusqu'à 600 kg pour une éolienne de 3,5 mégawatts [1)]. Les éoliennes du fabricant Enercon fonctionnent avec un générateur annulaire à excitation indépendante ne nécessitant pas l'utilisation de néodyme, les champs magnétiques requis pour la production d'électricité dans le générateur sont produits électriquement.

2-4 : Onduleurs

Les onduleurs convertissent le CC en CA. Ils peuvent fonctionner en autonome pour alimenter des charges à CA ou en parallèle avec des sources à CA. Ils sont autonomes lorsqu'ils imposent leur propre fréquence à la charge. L'onduleur non autonome (ou encore onduleur réseau) exige la présence d'une source à CA pour fonctionner. Il y a aussi des onduleurs qui peuvent assurer les deux régimes de fonctionnement : autonome ou en parallèle avec un autre générateur. Ceux-ci sont les plus flexibles, mais sont les plus chers.

2-5 : Charges

Les charges électriques rendent utile une puissance électrique. Il existe des charges à caractère résistif et les charges inductives. Les charges résistives incluent les ampoules à incandescence, les chauffe-eau, etc. Les appareils utilisant des machines électriques sont de charges résistive et inductive. Ils sont les principaux consommateurs de puissance réactive.

Les charges à courant continu (CC) peuvent avoir aussi des composants inductifs, mais les seuls effets introduits par ceux-ci sont les variations transitoires de tension et courant pendant les changements dans le fonctionnement du système.

2-6 : Système d'exploitation

Les réseaux multi-diesels utilisent des méthodes relativement sophistiquées pour gérer et assurer une distribution correcte de la puissance fournie par les générateurs diesels. Parfois, la commande est intégrée individuellement dans chaque composant du système. Des exemples de commandes intégrées sont le gouverneur de vitesse sur le moteur diesel, le régulateur de tension sur le générateur synchrone ou diesel. Un autre type de commande plus global permet la surveillance de certains ou de tous les composants. Ce système de surveillance est d'habitude automatique. Les fonctions spécifiques peuvent inclure la commande de démarrage et d'arrêt des générateurs diesels, l'ajustement de leurs points de fonctionnement, et la répartition de la puissance pour les différents types de charges.

2-7 : Réserve tournante

La réserve tournante est définie en [12] comme étant l'exigence du système de commande définie par la capacité du générateur classique de couvrir les changements immédiats causés

par l'arrêt des générateurs d'énergie renouvelable et par l'augmentation soudaine de la charge. En effet, la réserve tournante détermine la capacité instantanée de réserve minimale du GD en fonction des prévisions de la production d'énergie renouvelable et de l'évolution de la charge. Une réserve d'énergie doit être toujours disponible pour éviter l'effondrement du système lors d'une réduction soudaine de la production d'énergie renouvelable.

2-8-Temps de fonctionnement minimal :

Cette stratégie consiste à maintenir le GD en fonctionnement pour une durée minimale prédéfinie en fonction de la variabilité de la charge ou de la variabilité de l'énergie renouvelable [25]. Celle-ci est utilisée pour réduire le nombre de démarrages /arrêts quand la puissance nette (la différence entre la puissance consommée par la charge et la puissance renouvelable) varie beaucoup. La minimisation du nombre de démarrages/arrêts du GD peut permettre d'éviter lustre des moteurs diesels et leur démarreurs et en même temps réduire la consommation de carburant.

2-9-. Hystérésis

Cette stratégie est souvent utilisée pour commander la déconnexion du générateur diesel [13]. Le GD est arrêté seulement si la puissance renouvelable est supérieure à la demande de la charge. Ce surplus minimale d'énergie (ou hystérésis) peut être mesuré à partir de la variation de fréquence du réseau quand cette fréquence est fixée par la GD utilisant un régulateur type proportionnel (p) et à partir de son niveau de charge quand il utilise un régulateur type proportionnel-Intégral (pi).

2-10 : Dimensionnement des SEH

La conception des SEH exige la sélection et le dimensionnement de la combinaison la plus appropriée des différents éléments constitutifs du système, ainsi que l'implémentation d'une stratégie de fonctionnement efficace. Les logiciels de dimensionnement sont des outils indispensables pour l'analyse et la comparaison des différentes combinaisons possibles des sources utilisées dans les SEH. Les principaux facteurs du dimensionnement sont :

Les conditions environnementales du site (éclairement énergétique, température, humidité, vitesse du vent) ;

Le profil de charge.

Les ressources financières et La disponibilité de la technologie et le support technique.

2-11 : Problèmes rencontrés dans le fonctionnement des SEH

Compte tenu de la nature aléatoire des sources d'énergie renouvelable, la difficulté principale des SEH comportant ce type de sources est de pouvoir produire à chaque instant l'énergie demandée par la charge. Le moyen le plus simple d'éviter une augmentation du risque de ne pas satisfaire complètement la charge est de faire fonctionner des sources d'énergie renouvelable et les générateurs diesels en parallèle, de façon continue (le générateur diesel fonctionne sans arrêt) [14]. Dans ce type de fonctionnement, les sources d'énergie renouvelable agissent comme une charge négative, en réduisant la charge moyenne des générateurs diesels. Ces derniers peuvent fonctionner à une puissance très basse mais l'économie de carburant est modeste à cause du rendement très faible (En fonctionnement à vide, la consommation de carburant s'estime à 25-30% de la consommation à pleine charge) [15]. Ainsi, garder un moteur diesel au régime de ralenti pour une demande de puissance nulle suppose une consommation de carburant non négligeable.

Si l'énergie renouvelable est suffisante pour alimenter la plupart de la charge, la quantité de carburant économisé peut alors être augmentée en faisant fonctionner les générateurs diesels par intermittence [16]. En fonctionnement intermittent, les générateurs diesels démarrent et s'arrêtent en fonction de la variation de l'énergie renouvelable et de la charge. Le nombre de cycles démarrage/arrêt des générateurs diesels peut, par conséquent, être élevé. Le problème dans ce cas est l'usure prématurée des générateurs diesels et de leurs démarreurs [16, 17]. Un autre problème devant être pris en compte quand le générateur diesel fonctionne par intermittence est le temps nécessaire pour le démarrage et l'arrêt. Le système peut, par exemple, s'effondrer subitement pendant le démarrage du générateur diesel, si l'énergie renouvelable diminue plus vite que le temps nécessaire pour la phase de démarrage. Il arrive parfois que la production d'énergie renouvelable soit plus importante que la consommation de la charge. Si l'excès d'énergie dans le réseau ne peut pas être éliminé, la production d'énergie renouvelable doit alors être limitée ou même arrêtée. En général, les systèmes sans stockage utilisent une charge de délestage pour maintenir l'équilibre énergétique et la stabilité de la fréquence. D'autres applications nécessitent des systèmes de commande supplémentaires pour maintenir la qualité de la tension. Tous ces dispositifs, tels que les charges de délestage et les systèmes de commande, augmentent le coût d'investissement qui peut ne pas être justifié par les avantages du système hybride. Seule une stratégie de commande adéquate peut permettre d'intégrer de manière optimale différents composants et donc de rendre le système rentable.

Une autre perturbation qui peut poser des problèmes est la surtension. Une surtension peut être causée par un court-circuit, l'arrêt d'une charge importante ou la connexion d'un banc de

condensateurs. Du point de vue de la continuité de la production et de la qualité de l'énergie, les facteurs pouvant affecter le fonctionnement d'un SEH sont résumés comme suit :

-Les variations de la charge à long terme : les régions isolées avec des petits réseaux électriques peuvent subir des changements rapides dans leurs besoins en électricité (généralement, la demande augmente)

-Les variations de la charge à court terme : en général, la demande en électricité varie beaucoup sur des intervalles de temps assez courts, de l'ordre de quelques minutes. Des valeurs minimales sont suivies par des pics.

-La nature intermittente de la ressource solaire.

-Les perturbations du réseau : les défauts, tels que les courts circuits, peuvent non seulement arrêter les systèmes, mais aussi, au pire des cas, détruire certains composants.

2-11 : les avantages et les inconvénients de système hybride à connexion parallèle

2-11-1 : les avantages

- Les composants du système ne doivent pas être dimensionnées pour la charge totale, parce que le consommateur peut être alimente 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 pas une conversion de l'énergie produite par le générateur diesel.
- Diminution du nombre des convertisseurs électroniques, ce qui diminue le câblage nécessaire et l'investissement initial pour la construction du système hybride.
- Une avarie du convertisseur électronique ne provoque pas de coupure de l'alimentation de la charge.

2-11-2 : les inconvénients

- 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

- Le bus continu est plus difficile à contrôler.
- Les batteries vieillissent rapidement (pas de chargeur)

Il existe plusieurs logiciels de simulation des SEH [18, 19] : HOMER, SOMES, RAPSIM, SOLSIM… Tous ces logiciels ont pour but d'optimiser les systèmes hybrides, mais les stratégies d'optimisations sont différentes. Une brève description de chaque outil est donnée ci-après :

HOMER : C'est un outil, basé sur le modèle des séries chronologiques, développé par le « National Renewable Energy Laboratory », capable d'optimiser un système hybride contenant différents composants : éolienne, PV, micro-hydrocentrale, diesel, réseau, pile à combustible et batteries. Il exécute des simulations pour toutes les configurations possibles du système dans le but de vérifier si elles sont réalisables. Il estime ensuite le coût d'installation et de fonctionnement du système et propose une liste des configurations, classées par rapport au coût de leurs cycles de vie. En ce qui concerne les composants à prendre en considération, ils doivent être préalablement prévus afin de réaliser l'optimisation. Le nombre de tailles multiplié par le nombre de composants donne le nombre de configurations de systèmes simulés par le programme [20].

Chapitre 2 : PRESENTATION DU LOGICIEL « HOMER ».

2.1. Introduction

Étant donnés les différents efforts des dernières années à travers le monde pour diminuer la dépendance au pétrole, beaucoup de ressources ont été mises de l'avant pour développer les énergies renouvelables et principalement, l'énergie éolienne et l'énergie solaire photovoltaïque. Ces énergies sont en forte croissance partout à travers le monde. Les outils comme les logiciels font partie des grandes réalisations concernant ces énergies à promouvoir. De nombreux logiciels existent maintenant pour modéliser, optimiser ou dimensionner les différents systèmes conçus à partir de l'énergie renouvelable. Beaucoup de ces logiciels sont spécialisés pour un type d'énergie particulier. Il en existe un bon nombre pour le solaire photovoltaïque ainsi que pour l'énergie éolienne.[1]

2.2. Présentation du logiciel HOMER

HOMER est un logiciel développé pour des systèmes de production d'énergie de petites puissances. Il permet de faire des simulations de systèmes avec des énergies renouvelables et avec des énergies fossiles. Un de ses grands atouts est la possibilité de pouvoir simuler des systèmes hybrides combinant différentes sources d'énergie qu'elle soit renouvelable ou fossile. La première version a été développée en 1992 pour NREL (US National Renewable Energy Laboratory), il a ensuite subi de nombreuses améliorations dans plus de 40 nouvelles versions. [2]

Tableau 2-1 : significatif de logiciel HOMER ci-dessous

Paramètre	Oui / Non / En partie	Explication
Langue	OUI	En anglais
Accessibilité à tous	OUI	Gratuit, téléchargement disponible en ligne, aide et tutoriel, fichiers d'exemple disponibles en ligne.
Plusieurs technologies disponibles	OUI	Éolien, diesel et photovoltaïque
Systèmes hors réseau	OUI	- - -
Simulation de systèmes dans plusieurs pays	OUI	Partout à travers le monde selon des lieux prédéterminés.
Évaluation des coûts	OUI	- - -
Optimisation des systèmes	OUI	- - -

Principales caractéristiques

Tout d'abord, ce logiciel permet de faire des simulations pour ensuite optimiser les systèmes et pour finalement terminer avec des analyses de sensibilité sur ces systèmes optimisés. La solution obtenue par HOMER est la solution la moins coûteuse parmi différentes combinaisons de systèmes d'énergies renouvelables, d'énergies fossiles ou de systèmes hybrides comprenant deux sources d'énergie ou plus. La Figure 2.1 représente le modèle conceptuel du logiciel HOMER.

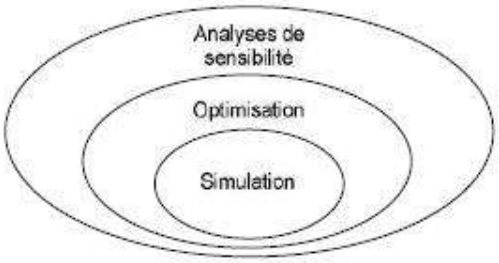


Figure2.1. Modèle conceptuel du logiciel HOMER.

Le logiciel permet de faire la simulation d'un système selon des données de gisement (solaire, éolien, diesel, etc.) en fonction d'une demande énergétique (besoins en énergie). Par la suite, il est possible d'analyser plusieurs configurations différentes pour ce même système afin d'en obtenir un système optimisé au niveau du coût. Le logiciel simule toutes les configurations demandées et donne la meilleure solution, la solution la moins chère, parmi celles-ci. Ensuite, il est finalement possible de faire des analyses de sensibilité afin de savoir si la solution trouvée reste la meilleure même s'il y a certains changements dans les différents paramètres entrés (variation du coût de la technologie, variation dans les données de gisement, etc.). Il est donc possible de faire bon nombre d'analyses avec de nombreuses configurations différentes en moins de quelques minutes de simulation.

Le logiciel permet de faire des simulations avec différents systèmes de production d'énergie :

Panneauxsolaires photovoltaïques

Éoliennes

Barrage hydroélectrique au fil de l'eau,

Biomasse

Génératrices (diesel, essence, biogaz, combustibles alternatifs et combustibles personnalisés, Co alimentées),

Réseau électrique,

Micro turbines

Piles à combustible.

HOMER offre aussi une vaste gamme de dispositifs d'accumulation ou de récupération d'énergie :

banque de batteries

Volants d'inertie

Flow batteries

hydrogène

On peut aussi entrer divers types de besoins énergétiques :

Profils de consommation journaliers avec des variations selon les saisons

charge différée pour le pompage d'eau ou pour la réfrigération

charge thermique

mesures d'efficacité énergétique.

HOMER peut donc simuler un large éventail de systèmes différents en plus de toutes les combinaisons possibles de systèmes hybrides.

2.4. Interfaces

Le logiciel HOMER est facile à utiliser et son interface est similaire aux logiciels usuels, il est donc muni d'un menu dans le haut ainsi que des icônes que l'on peut utiliser sans aller dans les menus. On peut considérer que l'interface d'HOMER a trois zones importantes comme indiqué sur la Figure 2.2 : la zone de définition du système, celle des ressources et celle des résultats.

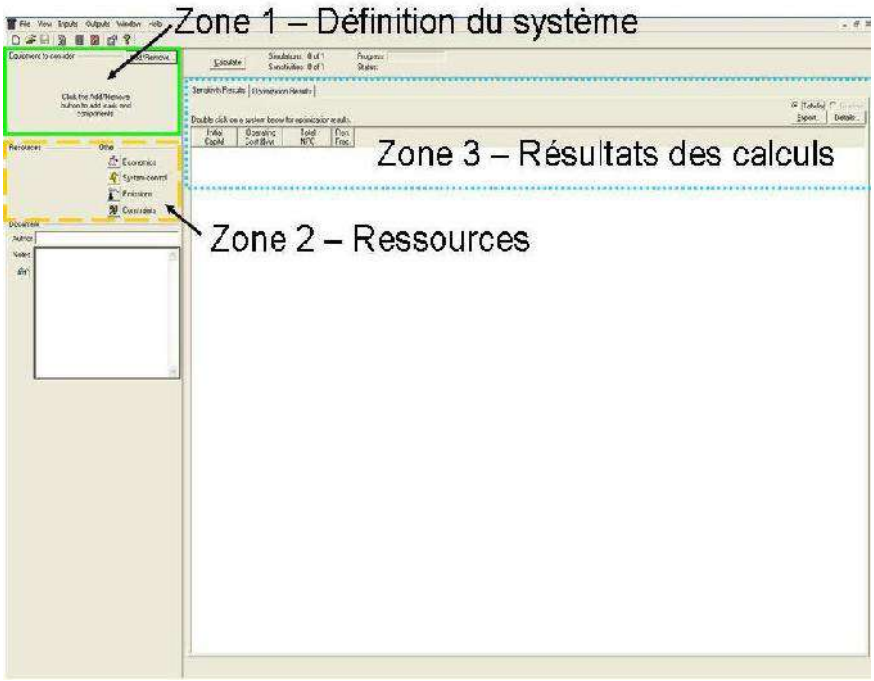


Figure 2.2. Interface HOMER – Fichier vierge

La zone de définition du système permet de choisir les équipements qui seront inclus dans le système à modéliser. Il suffit de cocher les éléments à utiliser selon les choix illustrés à la Figure2.3. De plus, dans cette même fenêtre, il est possible de choisir : de modéliser le réseau électrique, d'en faire la comparaison avec un système hors réseau ou simplement de ne pas modéliser le réseau.

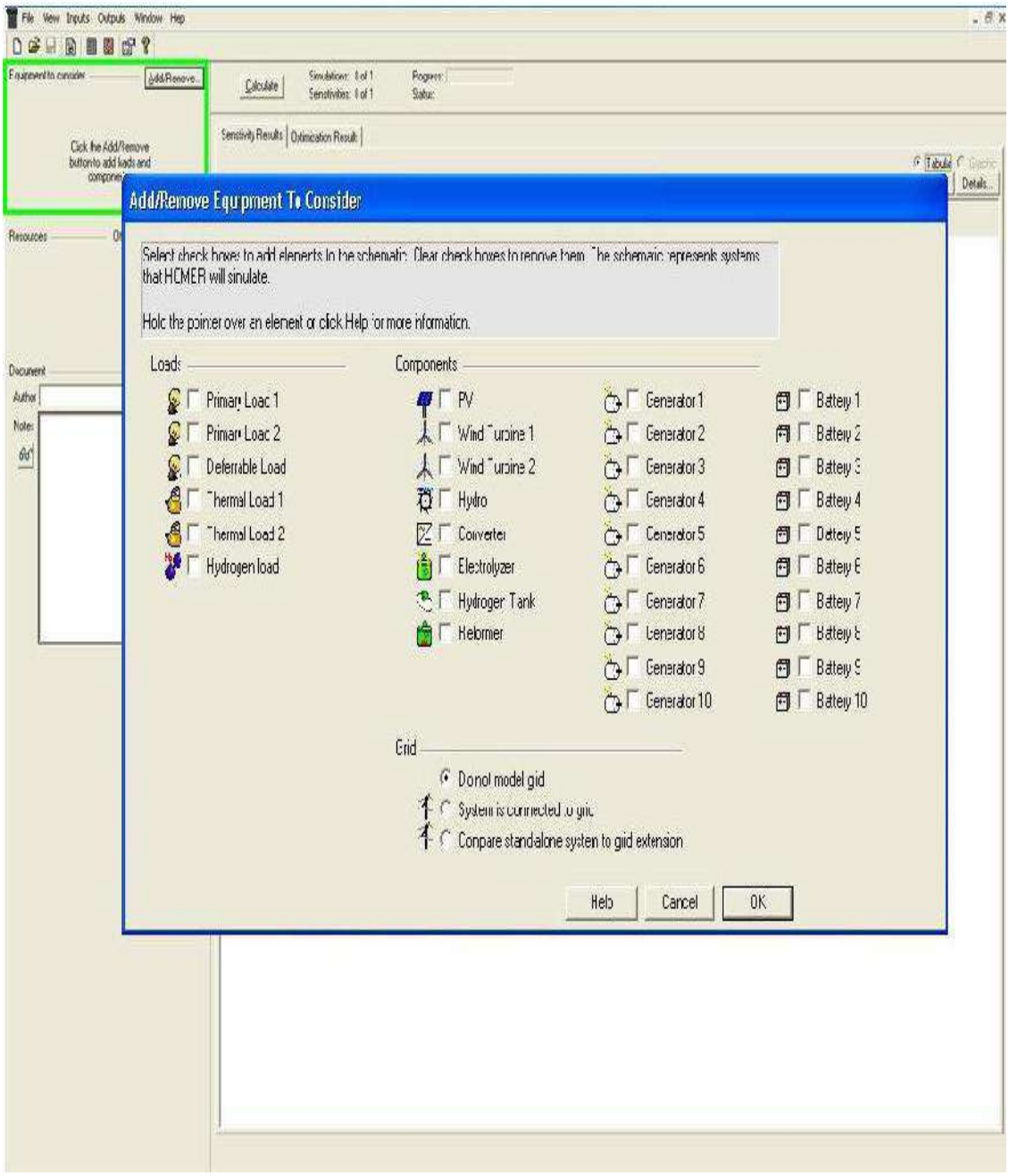


Figure 2.3. Interface HOMER – Équipements à ajouter

Une fois sélectionnés, les divers équipements apparaissent dans la zone 1 de définition du système comme à la Figure 2.4 et les ressources nécessaires aux équipements sélectionnés apparaissent, elles, dans la zone 2 de définition des ressources comme à la Figure 2.5.

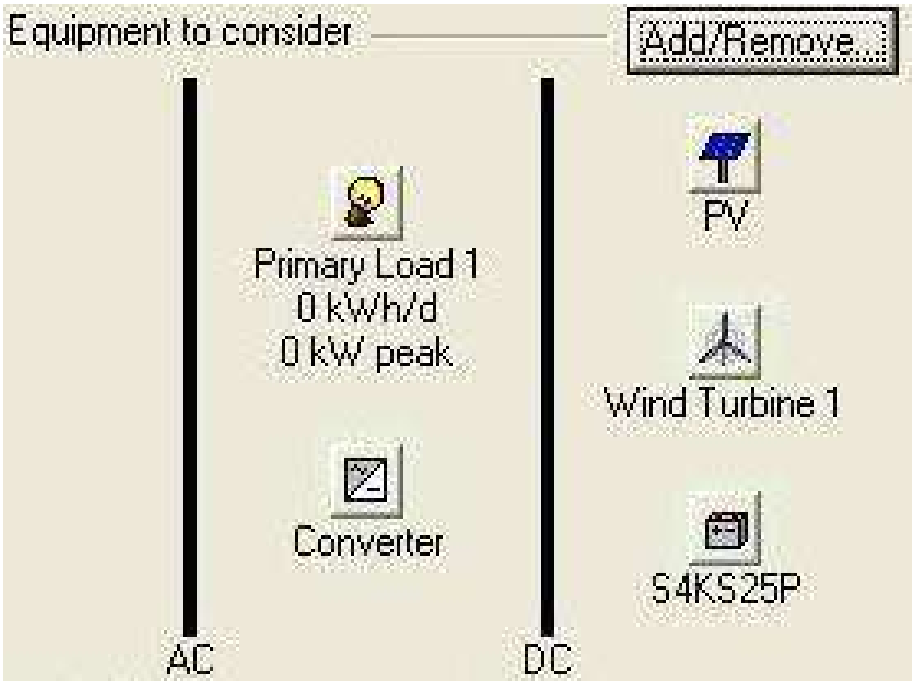


Figure 2.4. Interface HOMER – Équipements sélectionnés



Figure 2.5. Interface HOMER – Ressources

Dans ces deux zones, pour chaque icône, il y a une fenêtre à remplir ; ce sont les données à fournir pour faire une simulation. Les données d'entrée pour le présent projet seront définies dans la zone 4. Une fois ces données sont entrées, on peut faire calculer HOMER, en cliquant sur l'icône comme il est illustré dans la Figure 2.6.

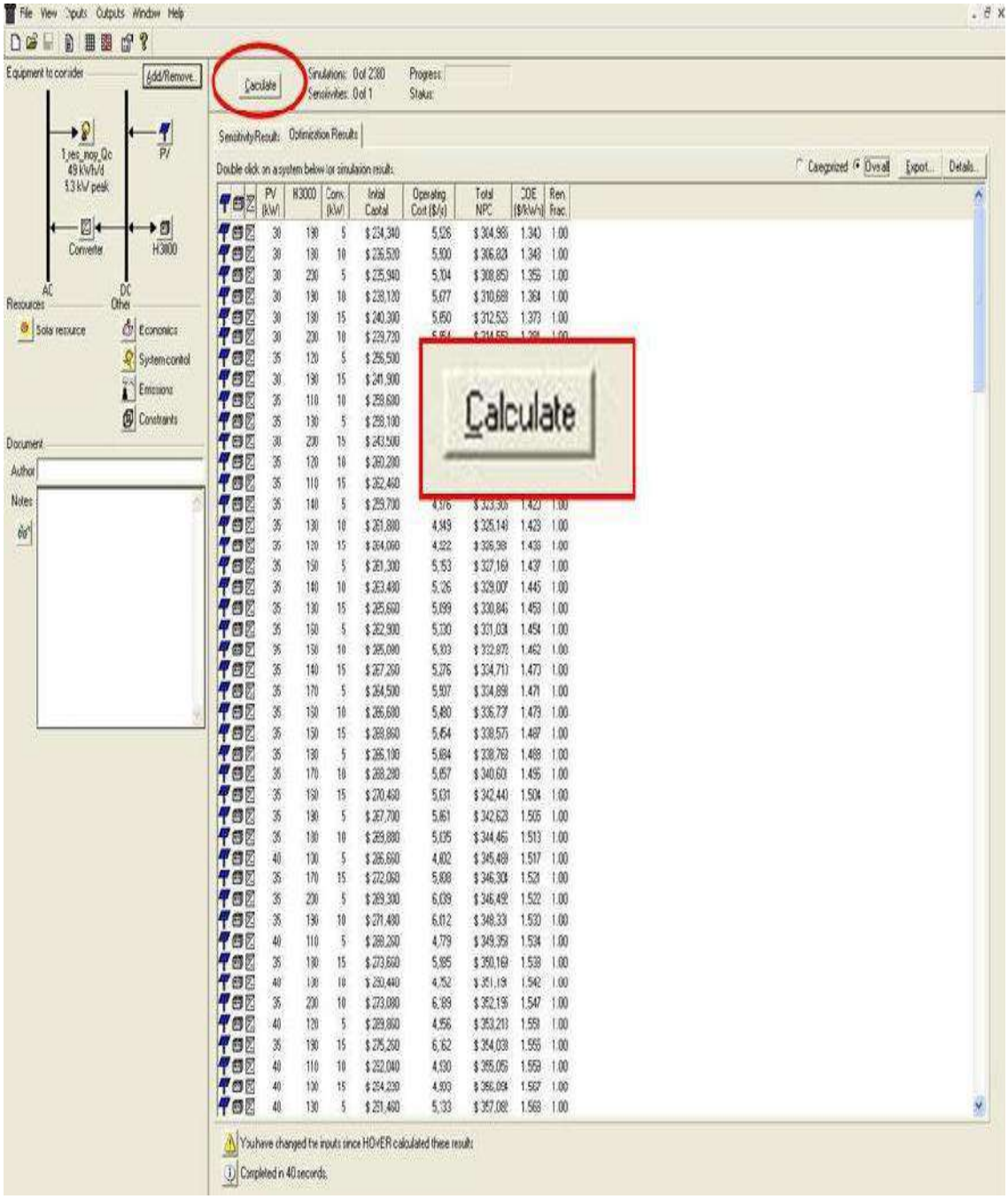


Figure 2.6. Interface HOMER – Fichier complété

Lorsque le calcul est complété, les résultats apparaissent et la solution la plus économique est la première comme illustré à la Figure 2.7. Un résumé du système et des coûts reliés sont affichés dans la zone des résultats.

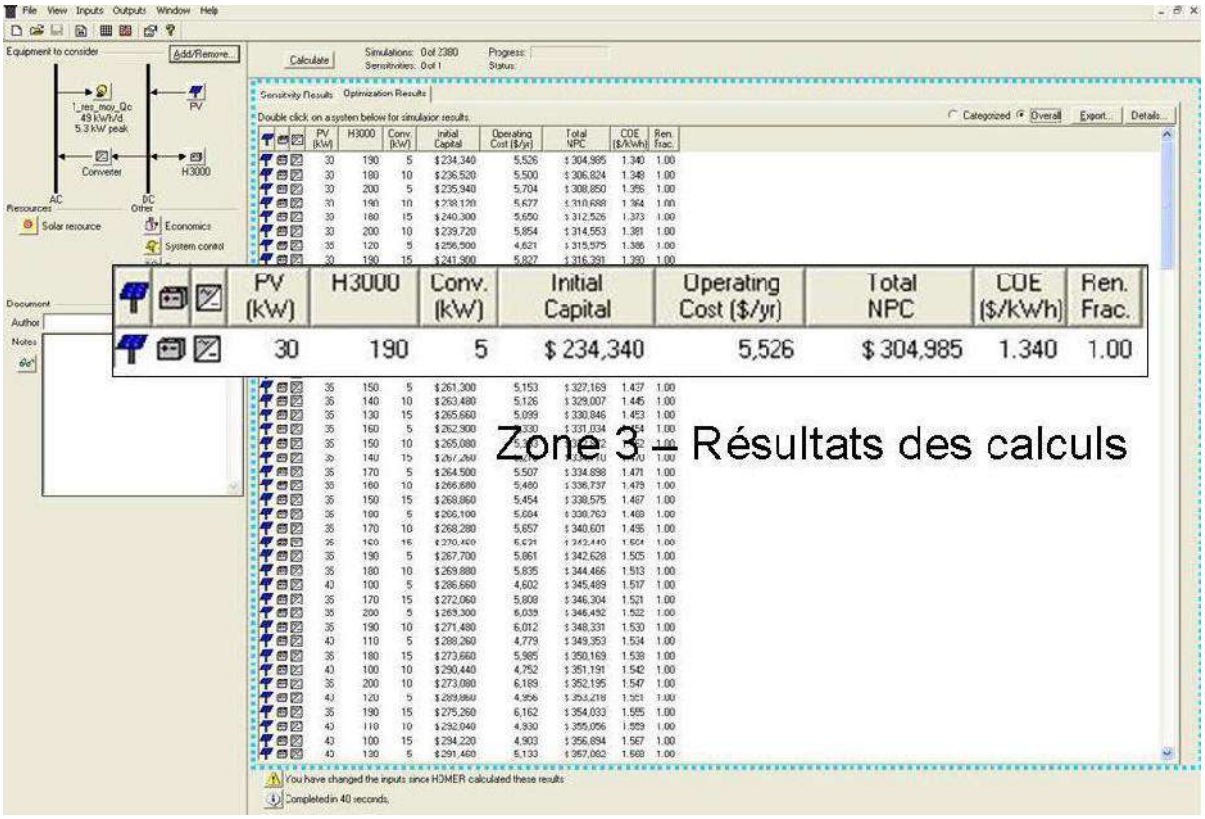


Figure 2.7. Interface HOMER – Résultats des calculs

2.5. Données d'entrée

Les données à faire entrer sont celles reliées à la zone 1 et 2 du logiciel HOMER. Il s'agit de données reliées à la consommation énergétique, aux équipements (panneaux solaires photovoltaïques, éoliennes, génératrices, onduleurs, batteries ou autres équipements) et aux ressources nécessaires comme les données de gisement solaire ou éolien, aussi bien que les données reliées au combustible utilisé par la génératrice. Dans la zone 2 des ressources, il y a aussi certains paramètres économiques que l'on peut modifier. D'autres paramètres permettent différents contrôles du système (surtout au niveau de la simulation des banques de batteries et des génératrices). Dans la zone des ressources, on peut aussi mettre des pénalités monétaires pour les émissions émises ou bien un seuil limite d'émissions à ne pas dépasser lorsque la simulation sera effectuée. Finalement, certaines contraintes peuvent être exigées comme une fraction minimale d'énergie renouvelable à avoir dans le système ou encore accepter un certain pourcentage de34déficits en énergie. Une fois toutes les sections remplies, Figure 2.8, on peut lancer la simulation en cliquant sur l'icône « calculer ».

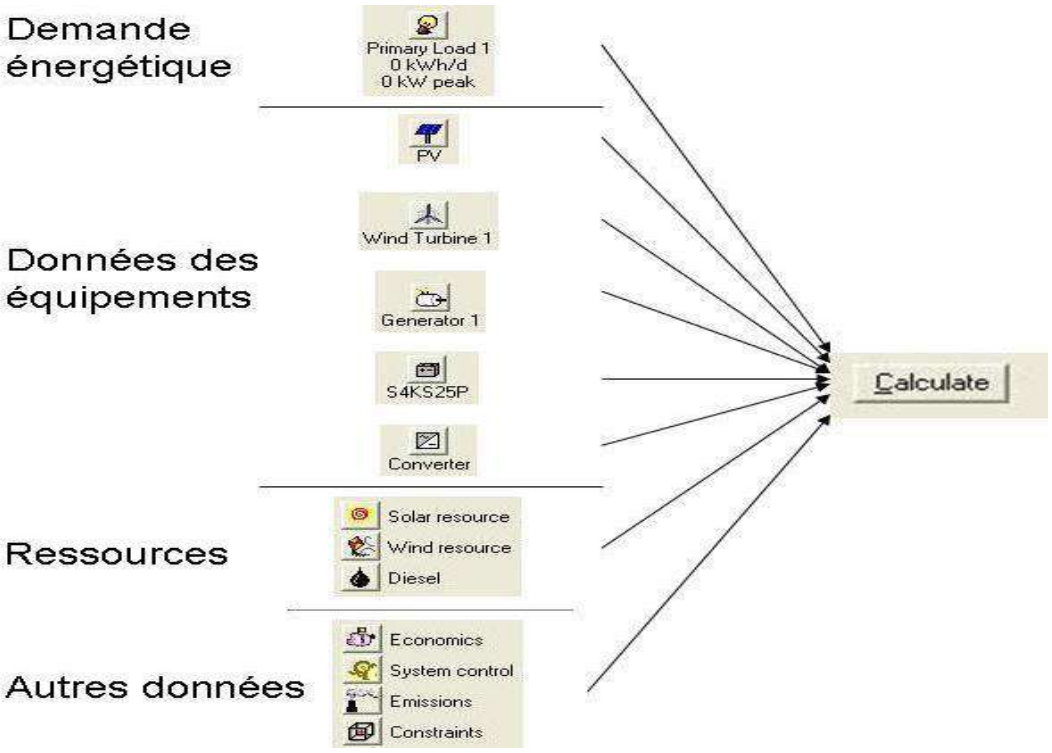


Figure 2.8. Données à fournir

Plus de détails seront définis dans l'annexe 1 pour mieux décrire les informations à fournir pour chacun des icônes illustrés dans la Figure 2.8.

2.6. Résultats pouvant être obtenus

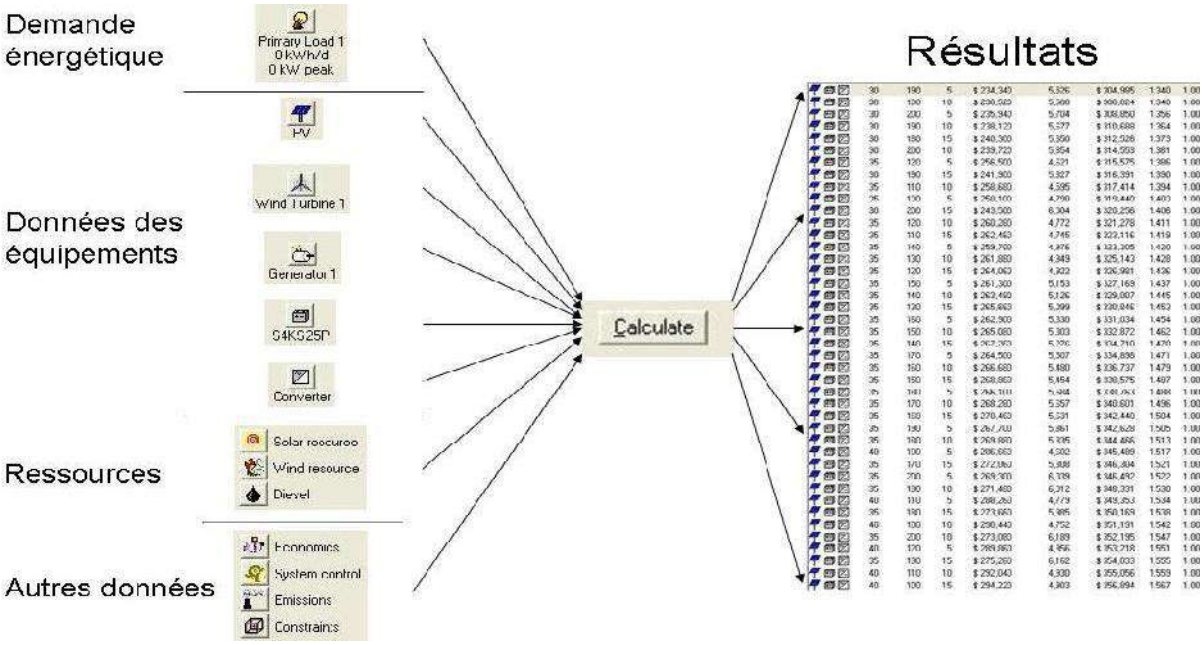


Figure 2.9. Résultats obtenus après simulation

Une fois toutes les données ont été entrées et la simulation lancée, on obtient de nombreux résultats comme illustré à la Figure 2.9. Etant donné qu'il est possible de faire entrer de nombreuses configurations différentes pour un même type de système, il est possible de visualiser la liste des résultats de deux façons : « *categorized*» et « *overall*». Si on choisit l'option « *categorized*», la liste présente l'option la plus économique pour chaque catégorie de système et donc par type de système. Par exemple, HOMER affichera seulement la meilleure option pour un système de type photovoltaïque avec batteries même si la simulation a été faite selon plusieurs configurations différentes (différents nombres de panneaux, différents nombres de batteries). Pour l'option «*Overall*», HOMER affiche tous les systèmes sur la même liste. Le premier résultat affiché est le plus économique parmi tous les types de systèmes simulés. Il est donc important d'optimiser chaque type de système afin d'éliminer les systèmes qui ne sont pas viables. Pour ce faire, on effectue plusieurs simulations dans le but de converger vers un système optimal pour chaque type de système.

Il est très important de se rappeler que le premier résultat donné par HOMER dans la liste des résultats est toujours le système le plus économique trouvé selon « *Net Present Cost*» (coût à valeur actuelle) parmi tous les systèmes et toutes les configurations simulés. Comme mentionné précédemment, les résumés des systèmes et des coûts reliés sont affichés dans la zone des résultats.

Un exemple de résumé est montré à la Figure 2.10. On y retrouve les informations suivantes : icônes des équipements du système (partie 1) et leur capacité ou le nombre de batteries (partie 2), l'investissement initial devant être fait (partie 3), les coûts d'opération par an (partie 4), le coût total du système à la valeur actuelle (partie 5), le coût de l'énergie en $/kWh (partie 6) et finalement, la proportion d'énergie renouvelable utilisée dans le système (partie 7).

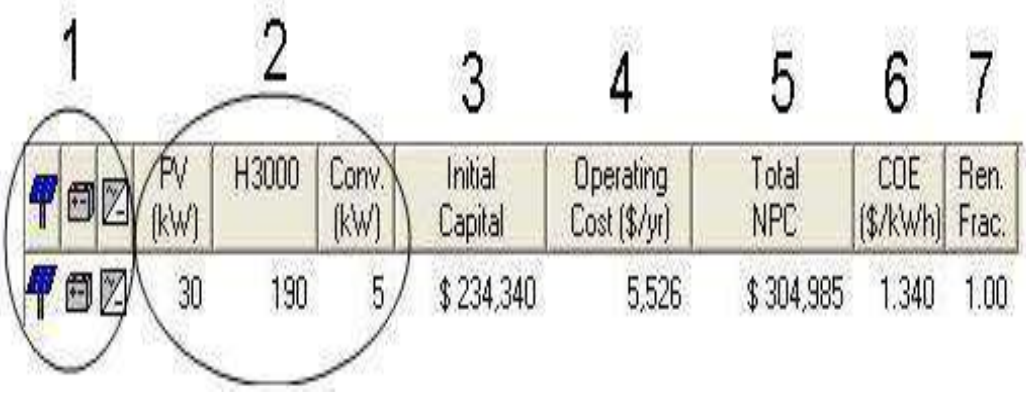


Figure 2.10. Résumé des résultats

Pour plus de détails sur les différents résultats obtenus dans HOMER, il faut cliquer sur le résultat désiré et une fenêtre, Figure 2.11, s'ouvre avec plus d'informations.

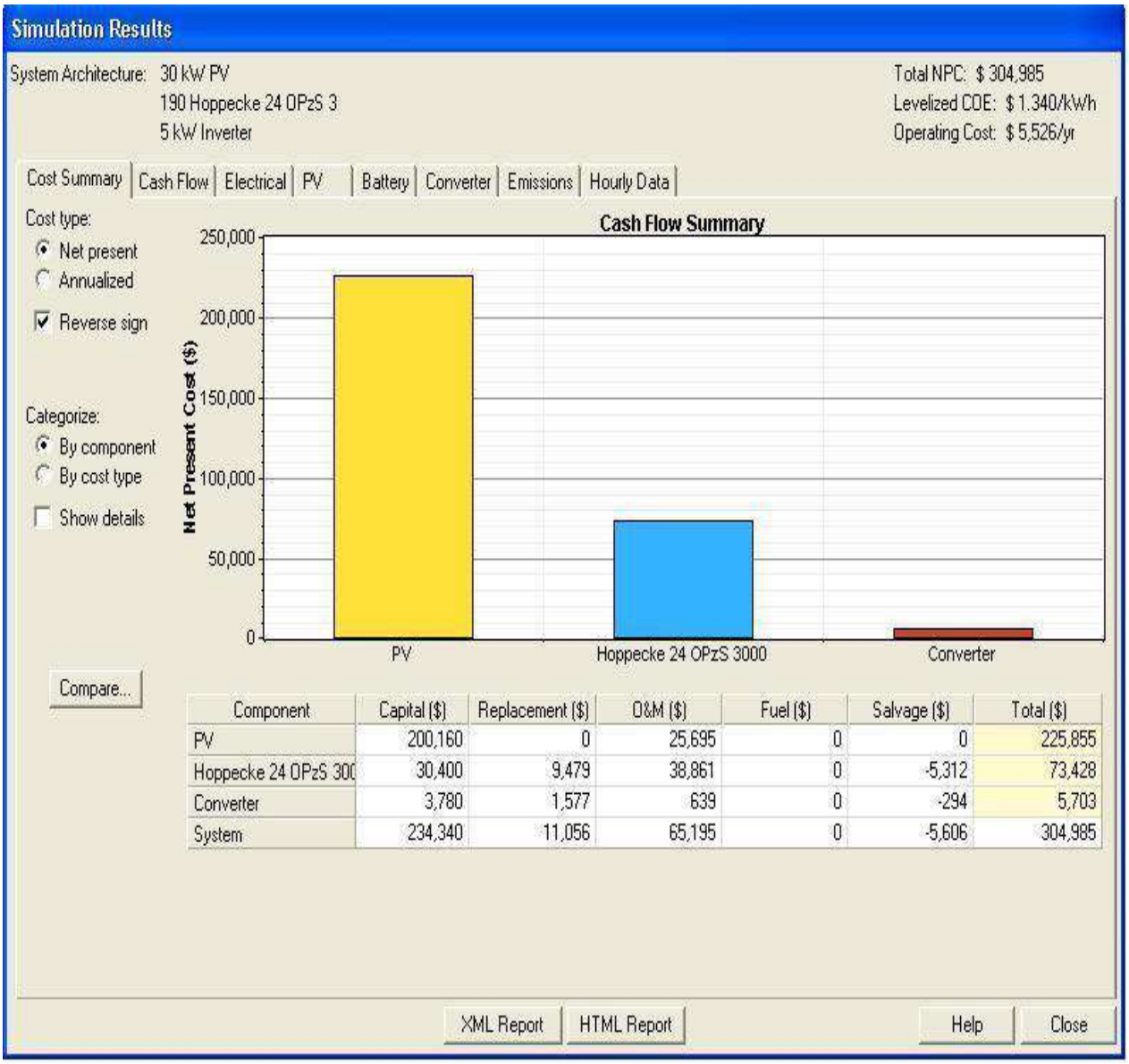


Figure2.11. Fenêtre des résultats détaillés

Dans cette fenêtre, on retrouve des onglets comme le résumé des coûts, le flux monétaire, des informations sur l'électricité (production, consommation, excès d'énergie, etc.), des détails sur l'énergie et la puissance offertes des équipements (panneaux, batteries, convertisseur), le détail des émissions et finalement, on peut visualiser les données simulées d'heure en heure. [3]

2.7. Méthodologies spécifiques aux simulations

Une démarche pour le dimensionnement est définie conjointement avec une démarche pour les simulations sur HOMER pour les systèmes.

La démarche générale pour le dimensionnement et les simulations est résumée en quelques étapes :

- 1.Évaluation de la demande énergétique (consommation d'énergie)
- 2. Pré-dimensionnement à la main des équipements;
- 3. Identifier les équipements nécessaires au système (panneaux solaires, convertisseur, batteries) dans le logiciel HOMER;
- 4. Entrer les données nécessaires dans le logiciel :
- a. de consommation énergétique;
- b. de gisement solaire pour le lieu désiré;
- c. pour les équipements (prix des équipements et coût d'opération et d'entretien);
- 5. Lancer le calcul dans HOMER;
- 6. Optimiser les résultats du logiciel HOMER de façon itérative pour arriver à la solution optimale pour ce système;
- 7. Faire des analyses de sensibilité, si nécessaire;
- 8. Valider le système.

Résultats à analyser

- Les résultats qui seront analysés sont les données de dimensionnement pour les panneaux solaires, les éoliennes, la génératrice diésel pour le système. Ensuite, les coûts d'opération (les annuités), le coût total à sa valeur actuelle du système ainsi que le coût de l'énergie en $/kWh et le pourcentage d'excès d'énergie seront analysé.

2.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons expliqué le logiciel HOMER permettant une compréhension idéale du fonctionnement du programme ainsi que les objectifs à atteindre. Il offre une approche orientée sur la réalisation de projets plutôt qu'une approche d'optimisation de systèmes. Après l'introduction de tous les rapports de prix, les types d'appareils utilisés et les données météorologiques nécessaires le long de l'année. Ce logiciel est très populaire et est actuellement utilisé dans plus de 200 pays et par plus de 40 000 utilisateurs. Pour le présent projet, la version utilisée est HOMER 2.68 beta qui est disponible gratuitement, et est développé par NREL (National Renewable Energy Laboratory) des Etats-Unis. Il permet un calcul simplifié des possibilités pour un projet électrique hybride selon son domicile. [4]

Chapitre3:Insertion des donnés métrologiques et les entrées électriques et économiques.

-Les équipements de système

- Le système global contient :
  - 1-100 habitation
  - 2-école
  - 3-clinique
  - 4-éclairage public

-Les composants électriques d'une habitation :

1-Cuisine :
Four classique électrique : 2000W
Micro-ondes :1500W
Mixeur : 100W
2-éclairage :
20 lampes économiques de 33W
3-froid :
Réfrigérateur (frigo/conge) class a++ : 100W
Climatiseur 18000btu :4000W
4-loisir :
2 TV : -TV LCD 250 W
-TV LED 344W
-2 démo 225 W
Divers:
Fer a repassé : 2500W
Séchoir : 3000W
Machine à laver : 347W

-Les composants électriques d'une école :

1-100 tubes néon de 35W
2-3 micros du bureau de 100W
3-Fax de 40 W
4-Tableau d'affichage analogique de 20W
5-5 climatiseur 12000 btu de 3000W

- Les composants électriques d'une clinique :

1-7 frigos de 200W
2-Chaise électrique de 1500W
3-6 climatiseurs 12000 btu 3000W
4-35 lampes de 33W
5-3 micro-ordinateurs 100W/1
6-Tv LCD 42 pouce 300W.

- Les composants électriques d'un éclairage public :

1-70 poteaux de 60W

3-1 : information sur le site

- Médéa est une ville du nord située entre 36 .26 º de latitude N et 2.16º de longitude E, avec une altitude de 997 m.

3-1-1 : l'irradiation mensuelle de site Médéa :

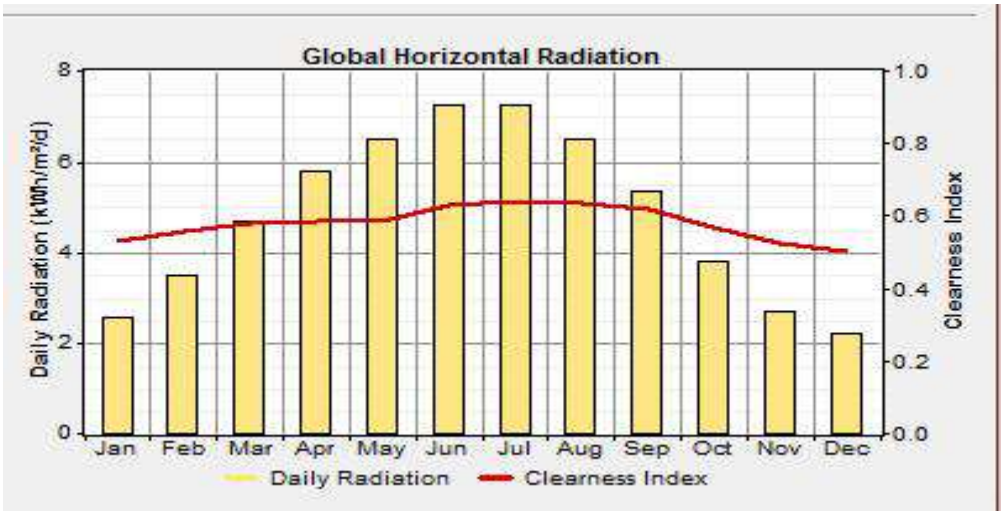


Figure 3-1 : l'irradiation mensuelle de Médéa

3-1-2 : vitesse de vent mensuelle de site Médéa :

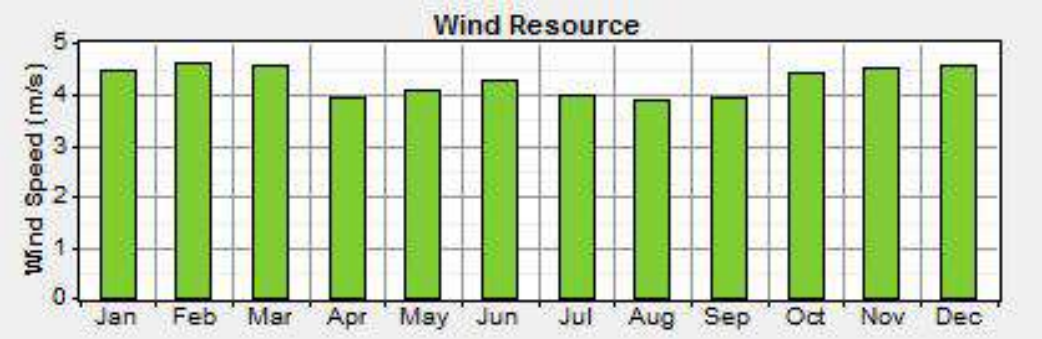


Figure 3-2 : vitesse de vent mensuelle de Médéa

3-2 : les entrées électriques :

3-2-1: panneaux solaire (solar panel) :

Clique “PV”
Size: 1kW
Cout: $6900 [1]
Replacement:$6900 [1]
O&M: $200/yr [1]
Sizes to consider: 1kW, 10kW, 20kw, 50kw, 100kw, 200kw, 500kw

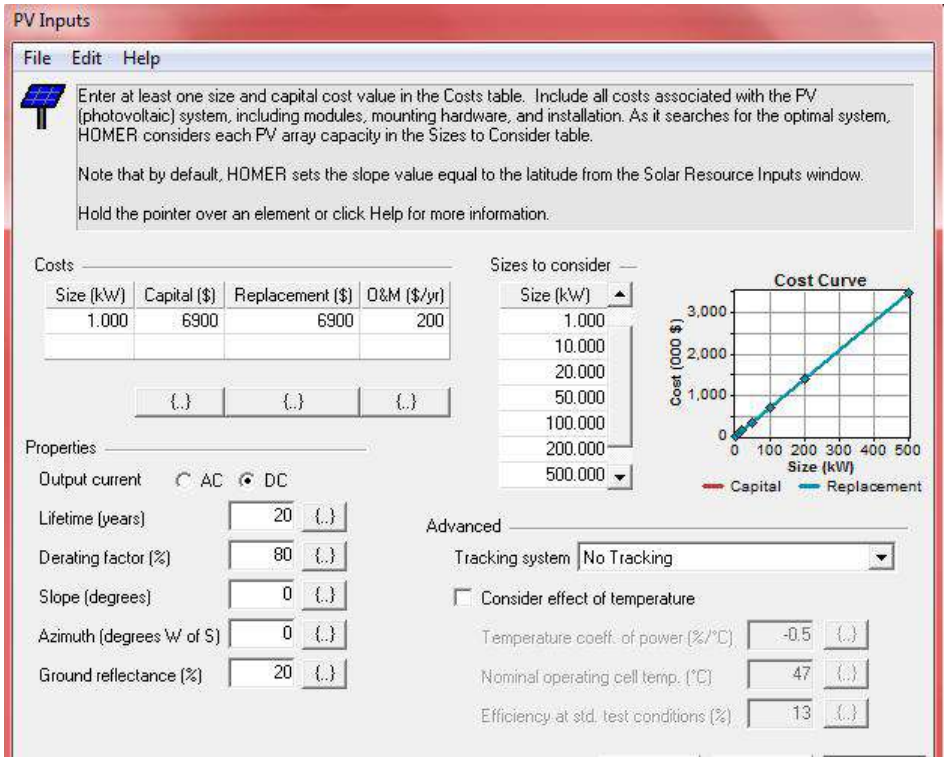


Figure 3-3 : PV inputs

3-2-2 : génératrice éolienne (Wind turbin inputs) :

Fuhrländer AG 30kw AC
Quantités [0, 10]
Cout : $90000, $70000, $500/yr [2]

Diamètre de rotor : 13m

Hauteur : 25 m

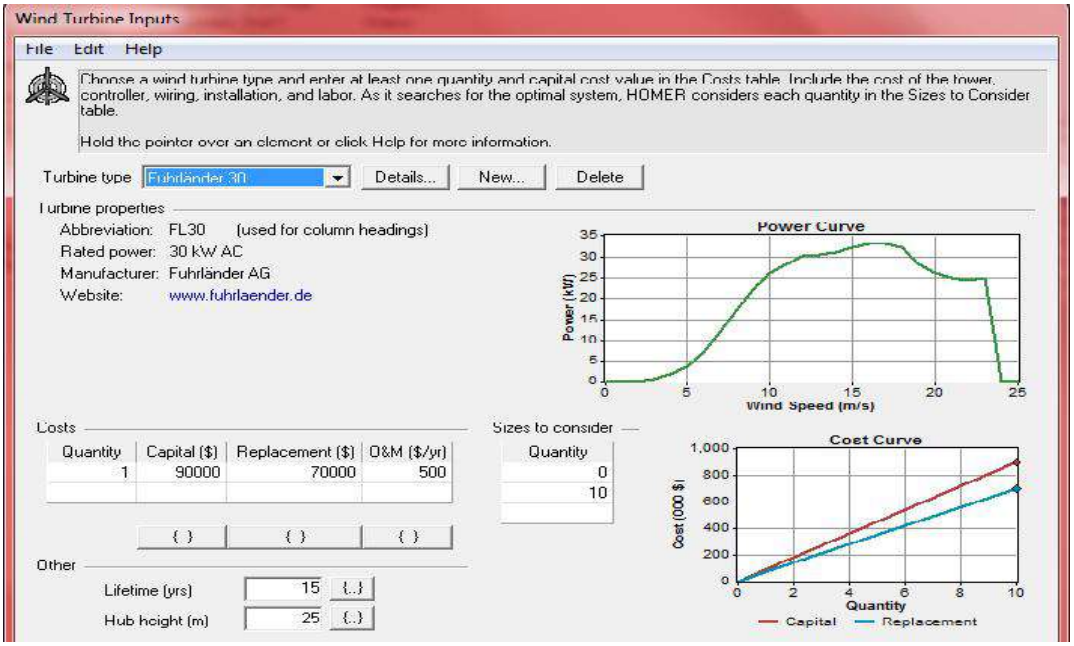


Figure 3-4 : les entrées d'AG



Figure 3-5: variation de puissance par rapport la vitesse de vent

-La figure 3-5 exprime la variation de puissance générée par la génératrice éolienne par rapport la vitesse de vent

3-2-4: batteries

Trojan L16P 360 Ah 6V
Cout par unité: $1145, $1145, $50/yr.[3]
Quantité [0, 10, 20, 30, 40, 50,60].

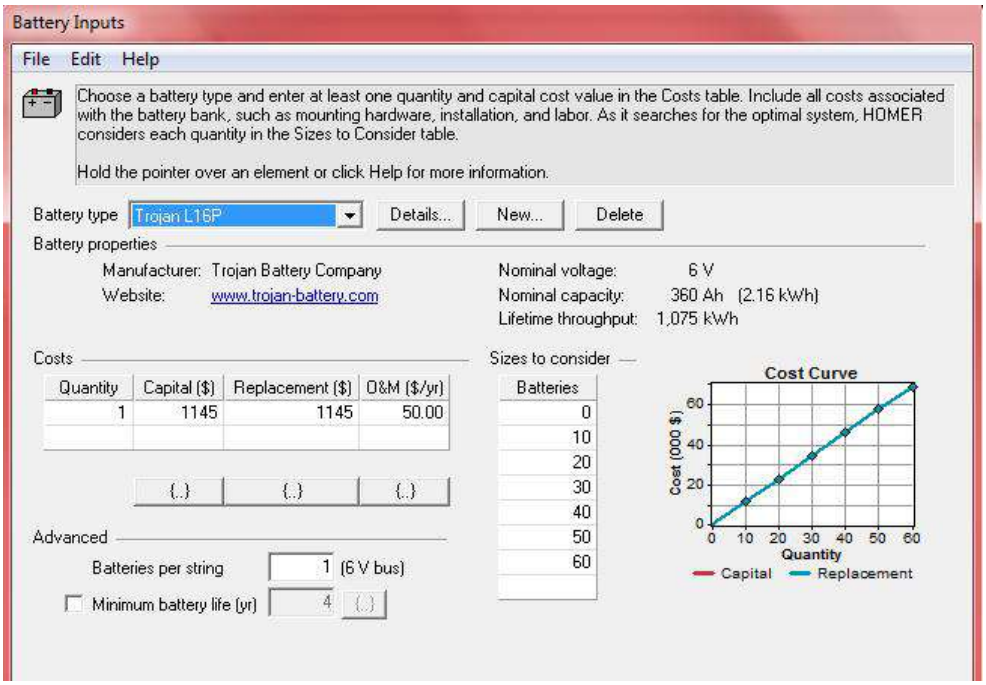


Figure3-6: les entrées de batteries

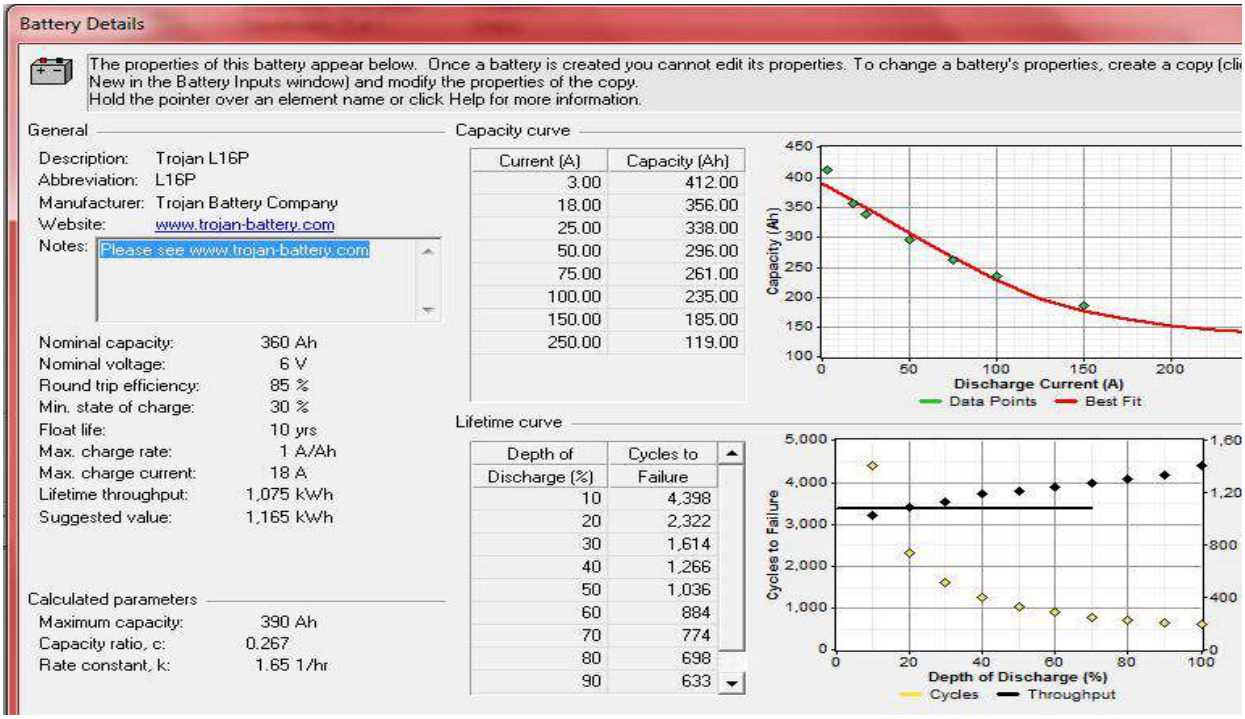


Figure 3-7: détails de batterie

3-2-5 : générateur diesel

1kW générateur
Sensitivité: [0, 10, 20, 100, 200,500] kW

Le cout et remplacement 400$ [4]

O&M 0.5 ($/hr) [4]

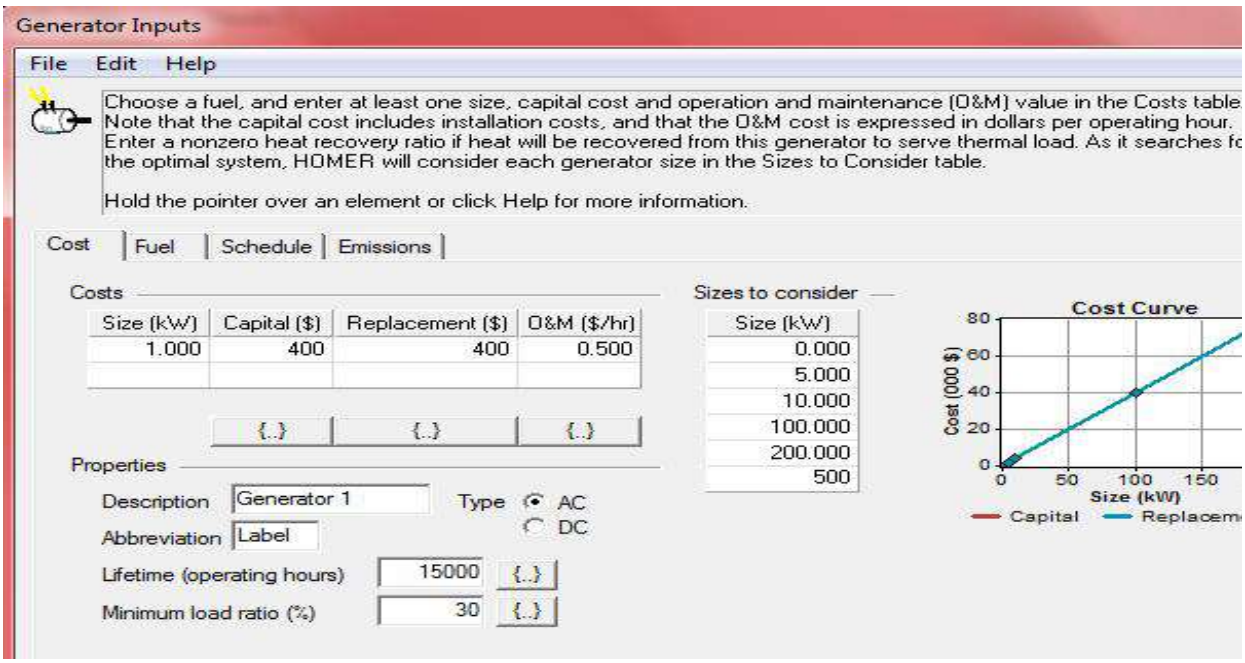


Figure 3-8 : générateur diésel

3-2-6 : convertisseur (AC___DC) (DC___AC) :

1kW
Sensitivité: [0, 10, 20, 100, 200,500] kW

O&M: $1/hr.

Cout et remplacement : 800$,700$. [5]

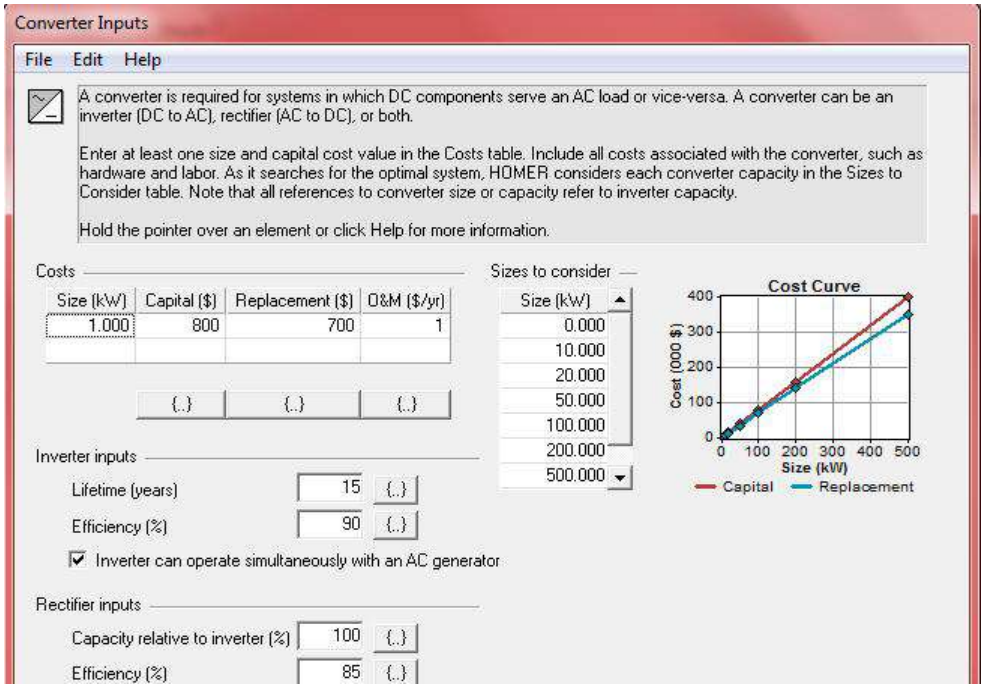


Figure 3-9 : convertisseur inputs

3-2-7 : la charge (primary load)

Weekdays | Weekends

Hour	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
0	15.600	15.600	186.000	186.000	186.000	563.500	563.500	563.500	74.600	74.600	74.600	15.600
1	15.600	15.600	15.600	15.600	15.600	563.500	563.500	563.500	15.600	15.600	15.600	15.600
2	15.600	15.600	15.600	15.600	15.600	406.600	406.600	406.600	15.600	15.600	15.600	15.600
3	15.600	15.600	15.600	15.600	15.600	406.600	406.600	406.600	15.600	15.600	15.600	15.600
4	15.600	15.600	15.600	15.600	15.600	406.600	406.600	406.600	15.600	15.600	15.600	15.600
5	15.600	15.600	15.600	15.600	15.600	406.600	406.600	406.600	15.600	15.600	15.600	15.600
6	15.600	15.600	15.600	15.600	15.600	406.600	406.600	406.600	15.600	15.600	15.600	15.600
7	469.400	469.400	15.600	15.600	15.600	104.400	104.400	104.400	427.400	427.400	427.400	469.400
8	1,058.110	1,058.110	51.510	51.510	51.510	827.510	827.510	827.510	1,131.910	1,131.910	1,131.910	1,058.110
9	598.200	598.200	827.510	827.510	827.510	277.510	277.510	277.510	381.910	381.910	381.910	598.200
10	188.200	188.200	227.510	227.510	227.510	207.510	207.510	207.510	222.910	222.910	222.910	188.200
11	388.200	388.200	207.510	207.510	207.510	421.510	421.510	421.510	421.910	421.910	421.910	388.200
12	388.200	388.200	421.910	421.910	421.910	431.510	431.510	431.510	365.910	365.910	365.910	388.200
13	188.200	188.200	1,031.910	1,031.910	1,031.910	555.510	555.510	555.510	155.910	155.910	155.910	188.200
14	488.200	488.200	460.910	460.910	460.910	855.510	855.510	855.510	455.910	455.910	455.910	488.200
15	188.200	188.200	855.910	855.910	855.910	555.510	555.510	555.510	155.910	155.910	155.910	188.200
16	548.200	548.200	555.910	555.910	555.910	765.910	765.910	765.910	155.910	155.910	155.910	548.200
17	193.110	193.110	765.510	765.510	765.510	555.910	555.910	555.910	155.910	155.910	155.910	193.110
18	188.850	188.850	555.910	555.910	555.910	537.050	537.050	537.050	203.050	203.050	203.050	188.850
19	336.000	336.000	371.910	371.910	371.910	537.050	537.050	537.050	203.050	203.050	203.050	336.000
20	386.000	386.000	586.000	586.000	586.000	807.250	807.250	807.250	406.860	406.860	406.860	386.000
21	636.000	636.000	646.000	646.000	646.000	1,046.000	1,046.000	1,046.000	636.000	636.000	636.000	636.000
22	336.000	336.000	672.000	672.000	672.000	736.000	736.000	736.000	336.000	336.000	336.000	336.000
23	186.000	186.000	520.000	520.000	520.000	586.000	586.000	586.000	186.000	186.000	186.000	186.000

Figure 3-10 : la consommation journalière de système globale 24/24 pendant les 12 mois.

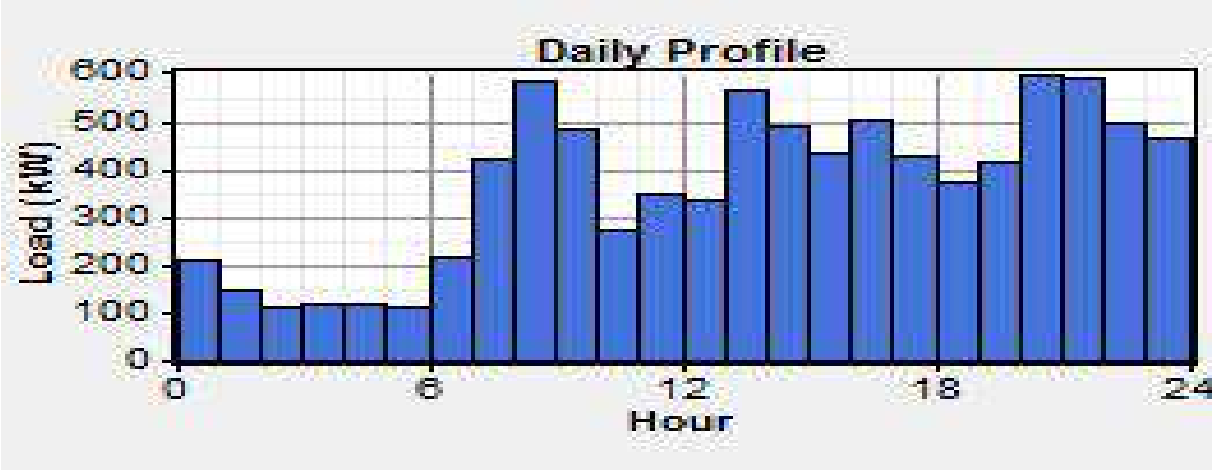


Figure 3-11 : profil de charge quotidien 24/24h

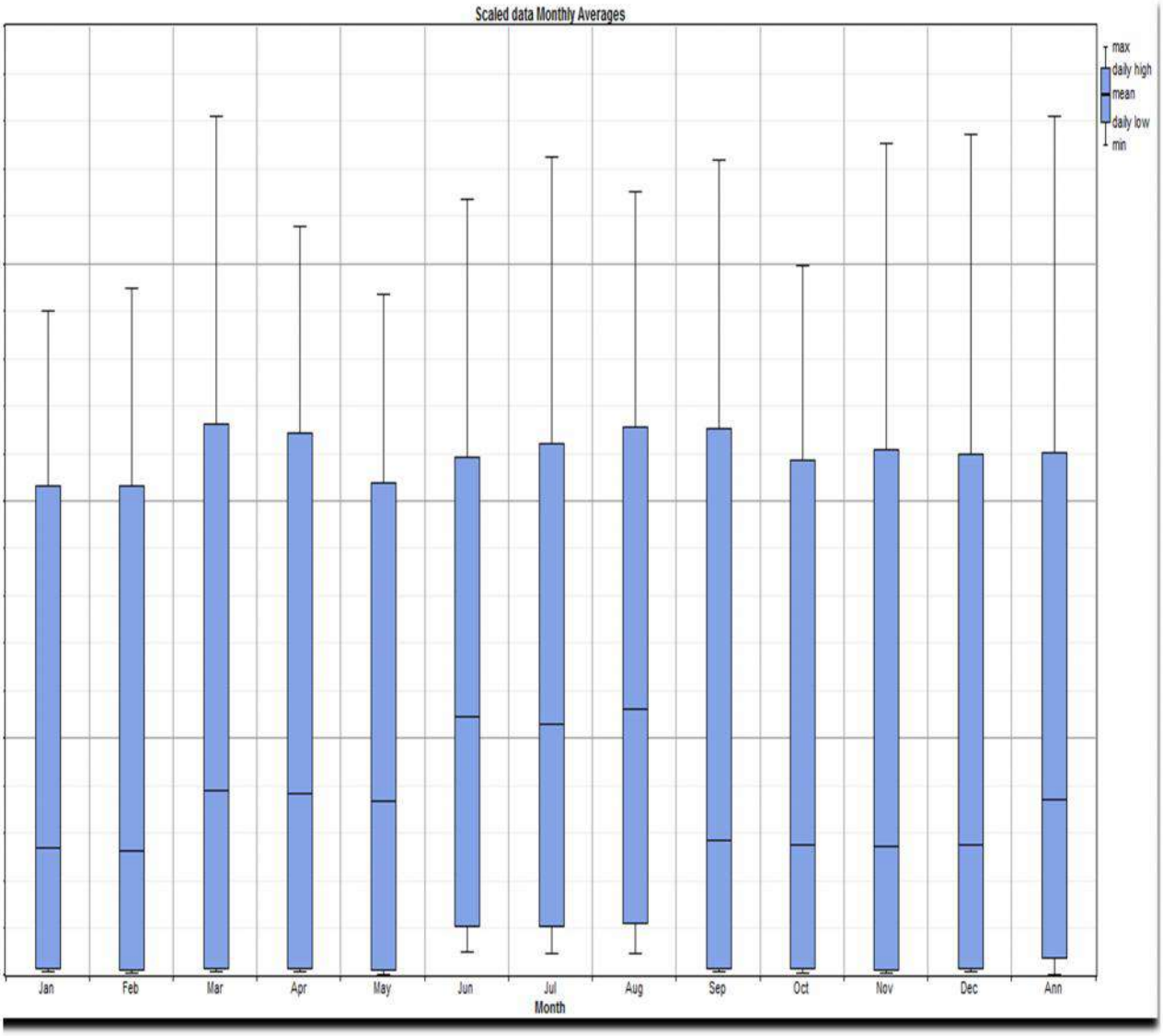


Figure 3-12: profile de charge mensuelle [système globale]

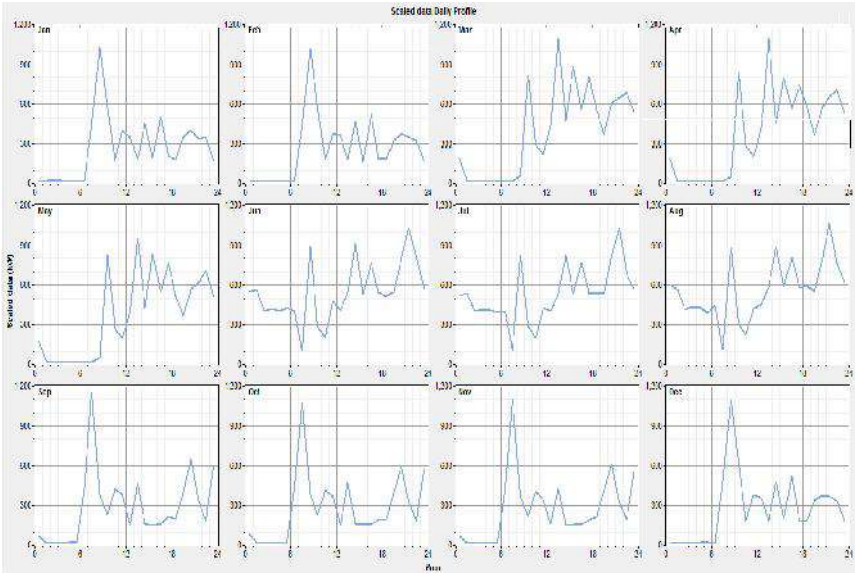


Figure 3-13 : profile de charge mensuelle 24/24h

-En tenu compte de la fréquence des appareils électriques pendant leur fonctionnement la figure 3-14 ci-dessous exprime un histogramme de fréquence de l'utilisation des appareils équipements de système, c'est la valeur de consommation en fonction de la fréquence de système hybride et qu'il s'agit pas à la fréquence de réseaux.

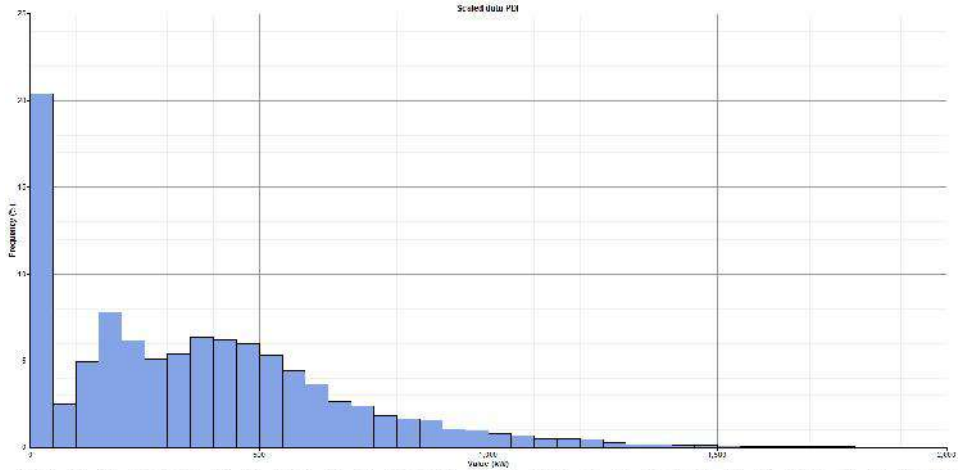


Figure 3-14 : histogrammes de fréquence

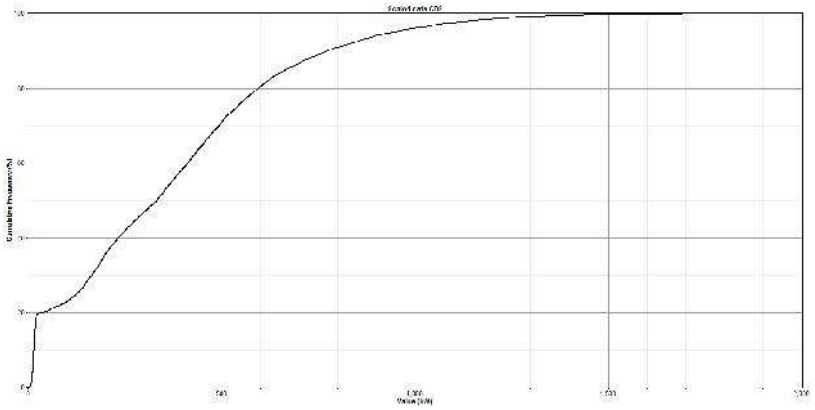


Figure 3-15 : fréquence cumulative de charge globale

-La figure 3-15 représente la fréquence cumulative des charges des équipements de système [100habitation, école, clinique, éclairage public] et ses composants électriques dans le fonctionnement.

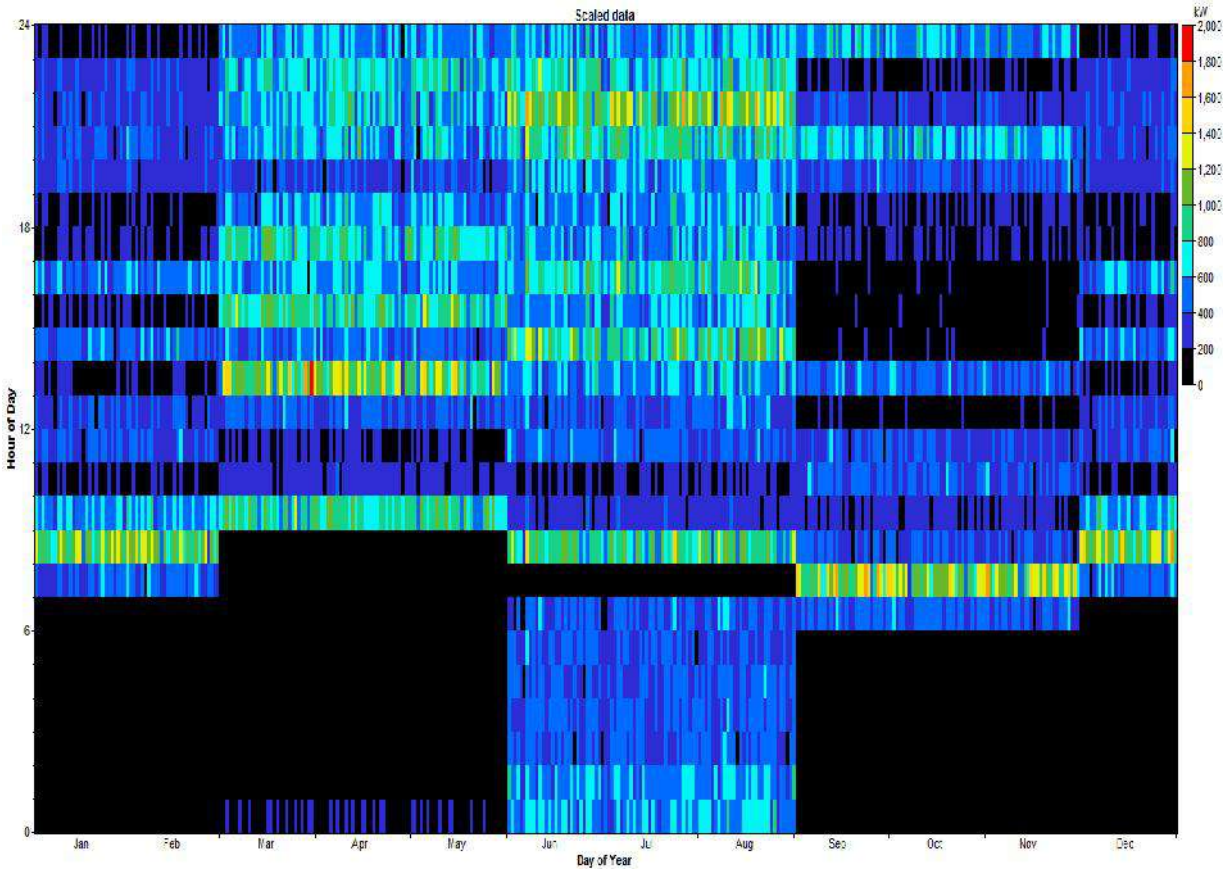


Figure 3-16 : DMP consommation horaires annuelle.

-La figure 3-16 représente DMP c'est-à-dire la consommation horaire annuelle, on projecte la valeur des heures de jour à l'axe de abscisses [les jours de l'année] et on appréhende la valeur de puissance à partir de couleur qui en relation avec cette dernière

3-3 : les options économiques

3-3-1 : le diesel

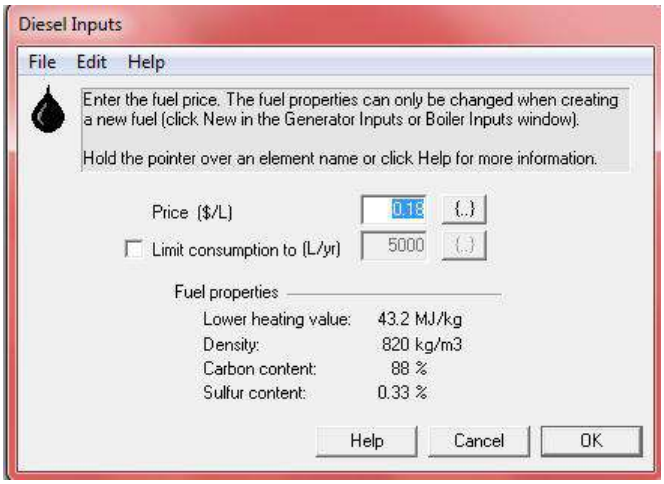


Figure 3-17 : le prix de diesel par rapport 1 litre

-La figure 3-17 exprime le prix de diesel par rapport un litre, le prix atteint 0.18$/L.

3-3-2 : contraint

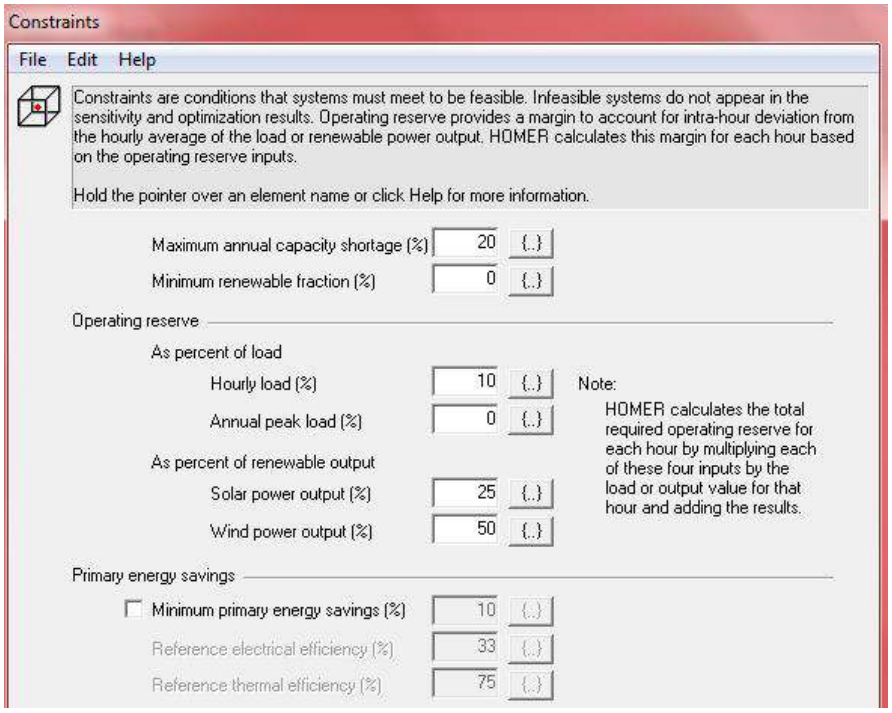


Figure 3-18: contraint de système global

3-3-3 : les entrées économiques.

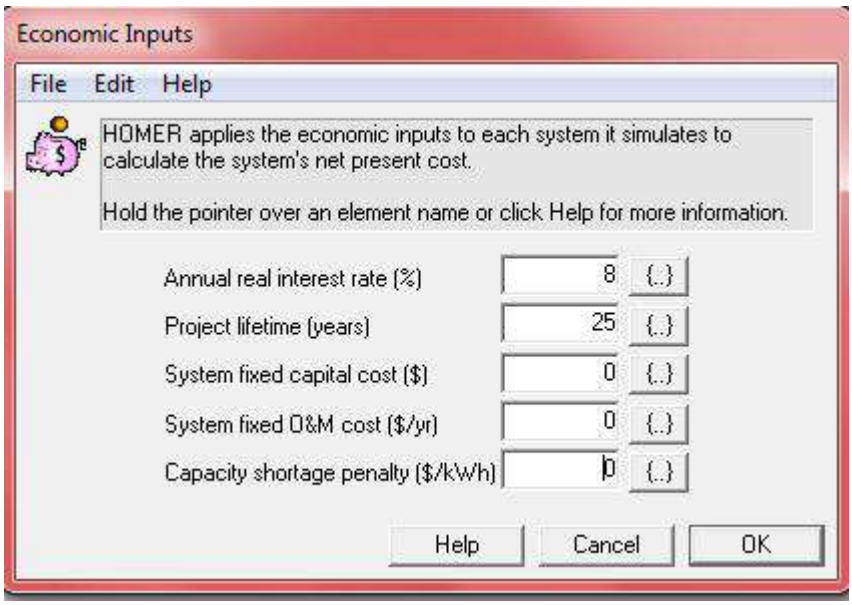


Figure 3-19 : les entrées économiques.

-On prend le taux d'intérêt 8% et la durée de vie de projet c'est 25 ans, la figure 3-19 exprime les entrées économique de système global.

Chapitre 04 : résultats de simulation.

4-1-1 : architecteur de système hybride globale.

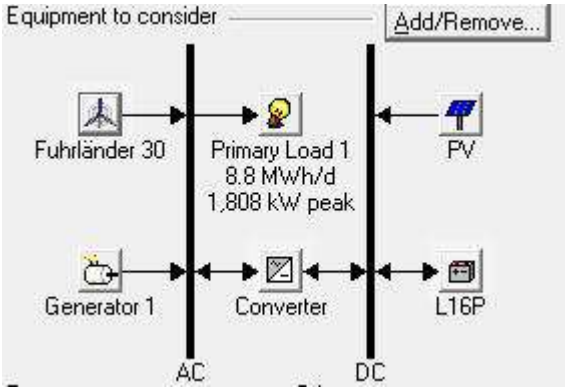


Figure 4-1 : architecteur de système hybride global.

Après la simulation on trouve la sensitive des résultats comme suit :

PV (kW)	FL30	Label (kW)	L16P	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost ($/yr)	Total NPC	COE ($/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage	Diesel (L)	Label (hrs)
50	10	500	80	20	$ 1,552,600	2,201,273	$ 25,050,692	0.852	0.21	0.22	904,950	7,495

Figure4-2 : sensitive résultats de système hybride global.

Par contre les résultats optimiser on le trouve comme suit :

PV (kW)	FL30	Label (kW)	L16P	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost ($/yr)	Total NPC	COE ($/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage	Diesel (L)	Label (hrs)
50	10	500	80	20	$ 1,552,600	2,201,273	$ 25,050,692	0.852	0.21	0.22	904,950	7,495
20	10	500	80	20	$ 1,345,600	2,228,032	$ 25,129,344	0.856	0.19	0.22	918,432	7,609
10	10	500	80	20	$ 1,276,600	2,243,695	$ 25,227,540	0.860	0.19	0.22	925,159	7,671
50	10	500	70	20	$ 1,541,150	2,219,684	$ 25,235,776	0.858	0.21	0.22	910,345	7,569
	10	500	80	20	$ 1,207,600	2,251,715	$ 25,244,154	0.861	0.18	0.22	930,233	7,701
20	10	500	70	20	$ 1,334,150	2,244,725	$ 25,296,084	0.862	0.19	0.22	923,353	7,679
100	10	500	80	20	$ 1,897,600	2,193,038	$ 25,307,786	0.860	0.23	0.21	897,467	7,426
10	10	500	70	20	$ 1,265,150	2,262,219	$ 25,413,830	0.867	0.19	0.22	930,579	7,748
	10	500	70	20	$ 1,196,150	2,271,808	$ 25,447,194	0.869	0.18	0.22	936,109	7,785
50	10	500	60	20	$ 1,529,700	2,242,225	$ 25,464,950	0.867	0.21	0.22	917,009	7,660
100	10	500	70	20	$ 1,886,150	2,212,472	$ 25,503,796	0.867	0.23	0.22	903,113	7,502
20	10	500	60	20	$ 1,322,700	2,268,738	$ 25,540,974	0.871	0.19	0.22	930,395	7,777
20	10	500	80	10	$ 1,337,600	2,269,563	$ 25,564,680	0.874	0.19	0.22	933,191	7,831
10	10	500	80	10	$ 1,268,600	2,278,651	$ 25,592,684	0.875	0.19	0.22	937,615	7,862
	10	500	60	20	$ 1,184,700	2,288,693	$ 25,615,982	0.875	0.18	0.22	941,144	7,859
20	10	500	70	10	$ 1,326,150	2,276,389	$ 25,626,088	0.876	0.19	0.22	935,067	7,857
50		500	80	20	$ 652,600	2,339,623	$ 25,627,552	0.912	0.03	0.24	1,003,433	8,003
10	10	500	60	20	$ 1,253,700	2,285,814	$ 25,654,252	0.876	0.19	0.22	937,516	7,845
10	10	500	70	10	$ 1,257,150	2,286,031	$ 25,660,022	0.878	0.19	0.22	939,668	7,891
	10	500	80	10	$ 1,199,600	2,292,294	$ 25,669,328	0.878	0.18	0.22	943,848	7,906
20		500	80	20	$ 445,600	2,365,753	$ 25,699,480	0.917	0.01	0.25	1,018,263	8,123
20	10	500	60	10	$ 1,314,700	2,284,655	$ 25,702,876	0.879	0.19	0.22	937,352	7,889
		500	80	20	$ 307,600	2,380,594	$ 25,719,906	0.921	0.00	0.25	1,028,564	8,186
50	10	500	50	20	$ 1,518,250	2,269,173	$ 25,741,158	0.877	0.21	0.22	925,012	7,769
	10	500	70	10	$ 1,188,150	2,302,173	$ 25,763,326	0.882	0.18	0.22	946,605	7,945

Figure 4- 3 : résultats optimiser de système hybride global

4-1-2 : Interprétation des résultats optimisés

On remarque que le meilleur système utilisé est le système hybride, qui contient (PV, Éolienne, GD, batteries) dans la ligne 1.Cet agencement a été lié à la valeur totale du NPC (Net Present Cost), de la plus petite à la plus grande valeur parce que à la valeur totale du NPC dans la 25ème ligne avec une valeur de (25763326 $) (2794547971DZA), qui appartient au système intégrant seulement (éolienne, GD, batteries), car il ne s'agit pas d'utiliser (PV) et il a laissé un effet significatif sur la valeur de RF (Renewable Fraction) qui a été estimé à 0,18, cette dernière représente une faible valeur par rapport à sa valeur.

A partir de ce résultat, nous constatons que le système hybride idéal utilisé est celui qui contient

50 kW PV	**10 Fuhrländer 30kw**	**500 kW Generator 1**
80 Trojan L16P	**20 kW Inverter**	**20 kW Rectifier**

-Le coût total estimé sur une année de travaux à tous les coûts du projet (capital, remplacement, O et M, fuel, salvage) est (25133134$) (26191045DZD) avec (0.856 $/KWh) (92.85DZA/KWh).Les résultats ont été répartis comme suit :

Nous trouvons que le coût le plus élevé dans le système utilisé qui est représenté par le prix d'O&M de (20271604 $) (2198860886 DZD) suivi par (fuel) de (1748208 $) (189628122DZA), après le remplacement de (1654225 $) (79437040DZA) et (salvage) de (-93505 $) (-10142487.4DZA)

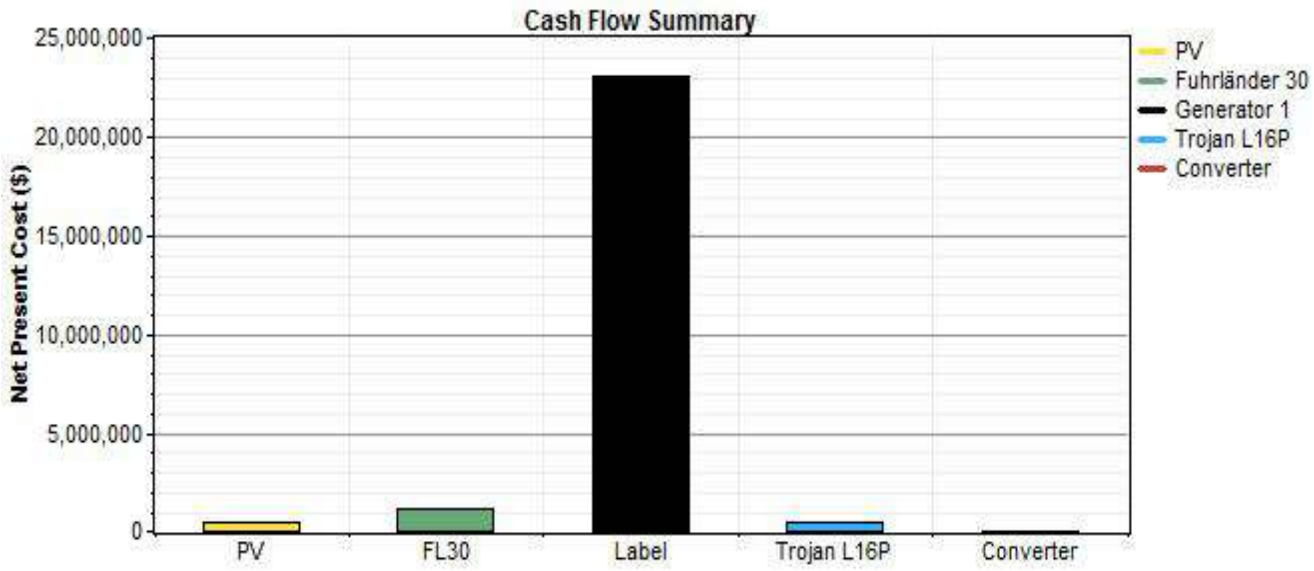


Figure 4-4 : Résumé des flux de trésorerie pour le système hybride

-Nous avons utilisé l'équipement revient a plus que 20 ans, on trouve que le projet n'a pas changé complètement tous les dispositifs comme ça était prévu il y a 20 ans. Sauf en ce qui concerne quelques petites pièces après environ tous les 3 ans sur les batteries qui ne durent pas plus de 2.56 ans et certains petits équipements tels que filetage livraison…..etc.

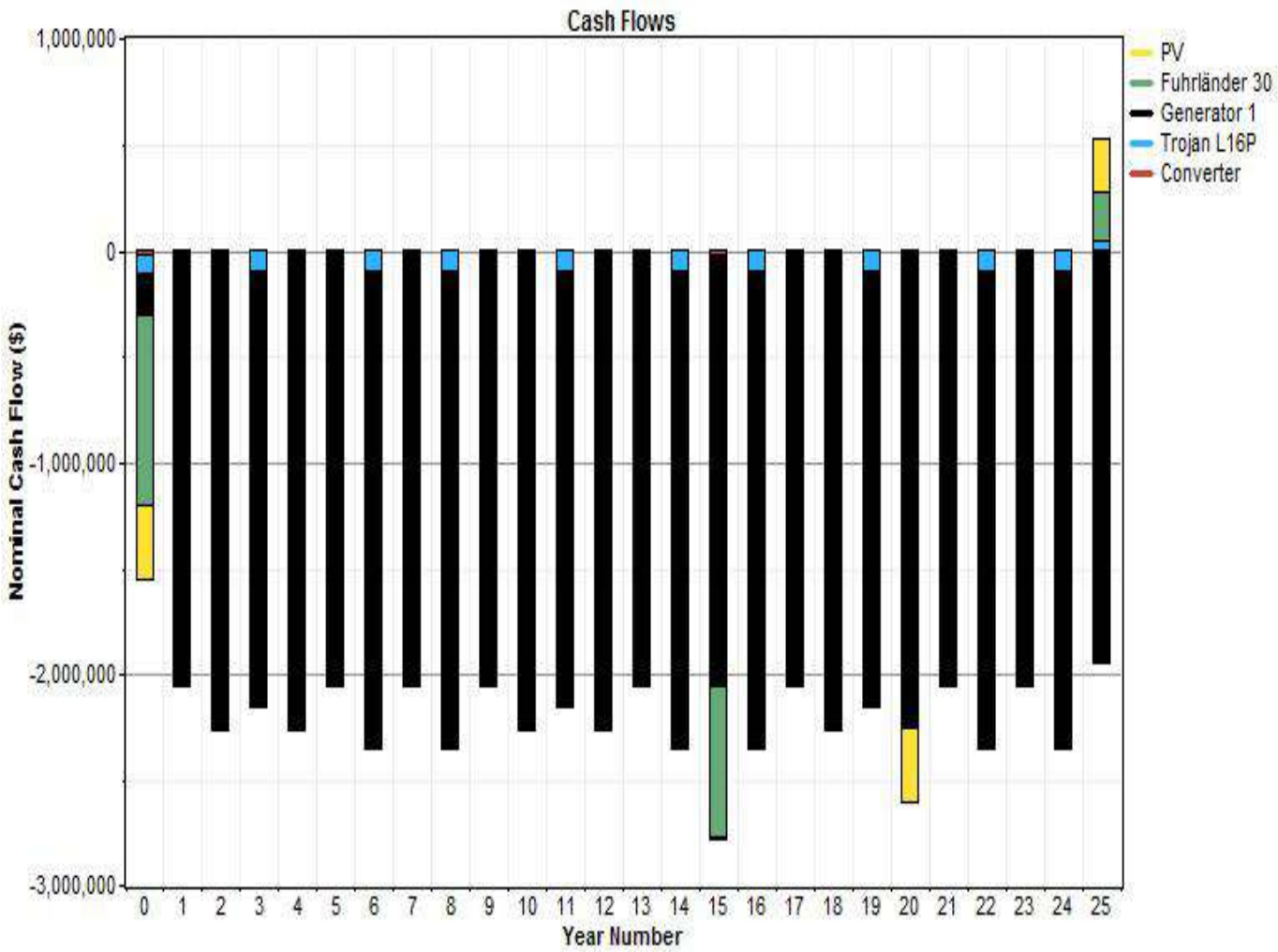


Figure 4- 5: Résumé des opérations et des remplacements pendant toute la durée de fonctionnement du Système

Instruments	Taux de production	Quantité d'énergie	Durée de fonctionneme
PV	**3%**	**79844 KWh/an**	**4388h/an**
éolienne	**18**	**562882**	**7700 h/an**
GD	**79**	**2420604**	**7945/an**

Tableau 4-1 : production électriques annuelle par instruments

Quand on parle de résultats électriques obtenus. Nous constatons que le taux de production de l'énergie électrique obtenue à travers chacune des (PV) et (éolienne) est de 3 % soit (79844kWh/an), et 18% soit (562882 kWh/an) respectivement. Ainsi que la durée de fonctionnement prévue de (4388 h/an) et de (7700 h/an) respectivement. Et la production de l'énergie obtenue par le GD est 79% soit (2420604KWh/an) et la durée de fonctionnement (7945h/an).

Cela est la situation sur les hauts plateaux de nord Algérien entouré de montagnes, la composition de ces facteurs fait que la wilaya de Médéa a un climat continental semi-aride se caractérisant par des étés chauds et secs et des hivers pluvieux avec une quantité et une vitesse du vent acceptable a les mois d'hiver. Atteint 4.567m/s et 4.525m/s et 4.446m/s pour les mois décembre, novembre et janvier respectivement. Avec un moyen de 4.27 m/s annuelle.

Tel que les rayonnements solaires arrivés à leur plus haut niveau au mois de juin et Juillet (7.260 KWh/m^2/d) qui étaient proches étant de la même saison. Le niveau de rayonnement le plus bas parait durant le mois de Décembre (2.230 KWh/m2/d) ce qui représente le milieu de l'hiver.

Mais compte tenu de la quantité d'énergie produite par le (GD) on l'a trouvé assez grande par rapport à l'énergie renouvelable ou presque 79% de (2420604 kWh/an), avec une durée de fonctionnement de (7945 h/an).

4-2 : résultats des panneaux solaires (PV).

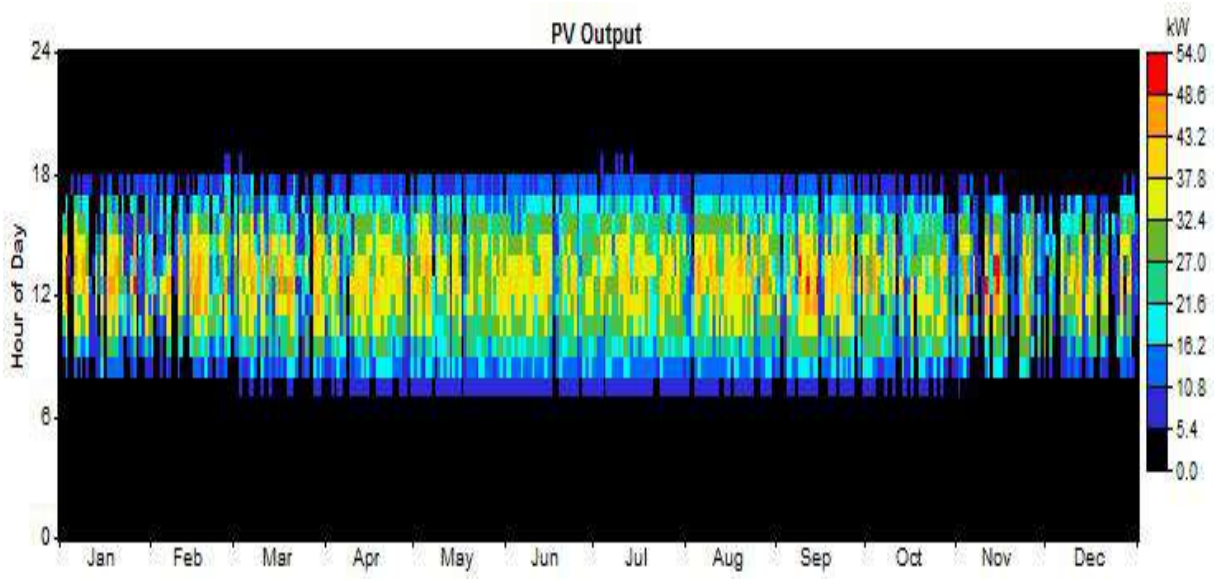


Figure 4-6 : Quantité d'énergie totale quotidienne produite par le PV pendant une année

Quantity	Value	Units
Rated capacity	50.0	kW
Mean output	9.1	kW
Mean output	219	kWh/d
Capacity factor	18.2	%
Total production	79,844	kWh/yr

Quantity	Value	Units
Minimum output	0.0	kW
Maximum output	51.9	kW
PV penetration	2.48	%
Hours of operation	4,388	hr/yr
Levelized cost	0.573	$/kWh

Figure 4-7 : résultats obtenue par le PV

La production de l'énergie électrique commence après le lever du soleil à tout moment, entre (7 h et 9 h), en automne et en hiver, et entre (6h et 7h) en printemps et l'été.

À l'hiver d'une très faible quantité d'environ (5.4Kw a 27kW) presque la moitié. Mais après le temps depuis (10h et 11h) elle augmente entre (27kw 43.2kw), mais à midi atteint son sommet de (54 kW).Diminuant progressivement voire inexistante au coucher du soleil soit entre (16h à 17:30h) dans chacun des deux saisons : l'hiver et l'automne et entre (18h à 19h) en été et au printemps. La durée totale de fonctionnement de 4388 h/an à un prix de 0,573 $/kWh (62.15DZA/KWh) avec un facteur de capacité 18.2% et de pénétration 2.48%.

4-3 : résultats d'AG

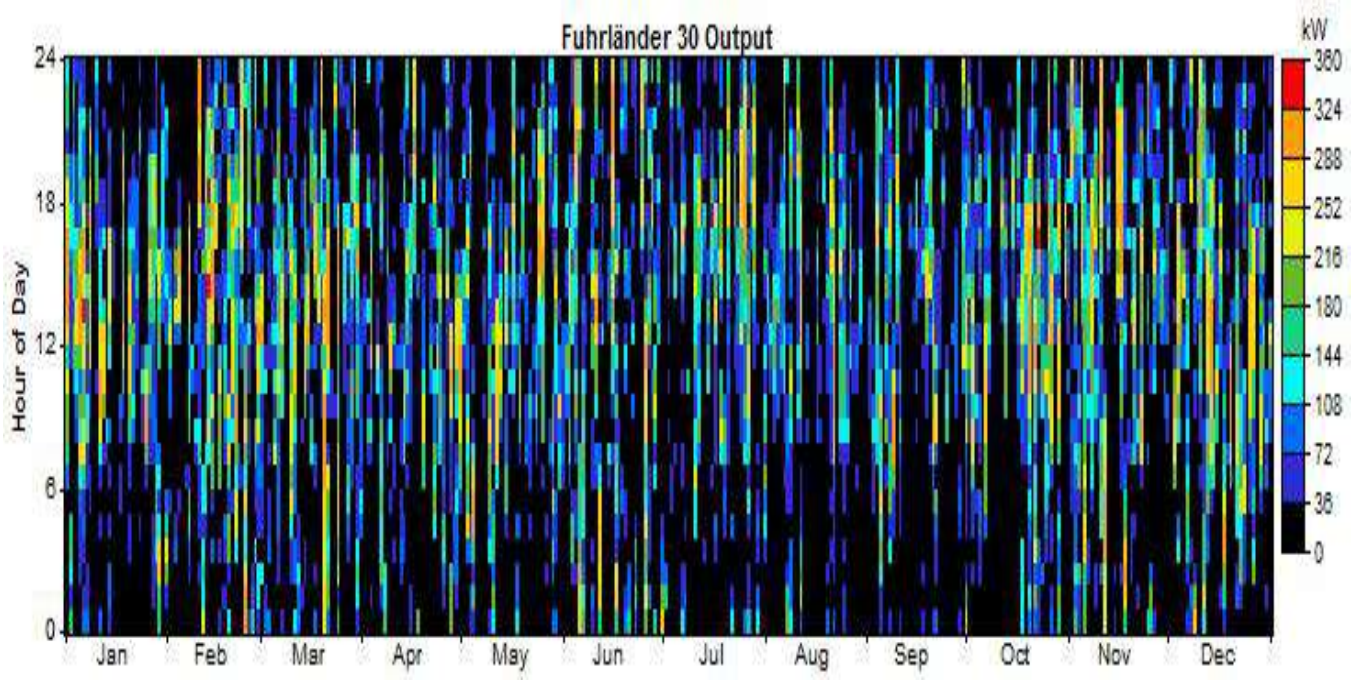


Figure 4-8 : Quantité d'énergie totale quotidienne produite par l'éolienne pendant une année.

Quantity	Value	Units
Total rated capacity	300	kW
Mean output	61	kW
Capacity factor	20.3	%
Total production	532,612	kWh/yr

Quantity	Value	Units
Minimum output	0	kW
Maximum output	329	kW
Wind penetration	16.6	%
Hours of operation	7,648	hr/yr
Levelized cost	0.201	$/kWh

Figure 4-9 : résultats obtenue par l'éolienne.

La production de l'énergie électrique à partir de l'éolienne est bien dans l'hiver à cause de la vitesse de vent. Par rapport aux autres mois de l'année durant lesquels la production

Change de 0 à 329 kW max .et elle atteint la valeur la plus grande aux mois janvier, novembre, décembre (environ 324kW). Pour une durée totale de fonctionnement d'environ 7648 h/an à un prix de 0,201 $/kWh (21.80DZA/KWh). Avec un facteur de capacité 20.3% et de pénétration 16.6%.

4-4 : résultats de générateurs diesel

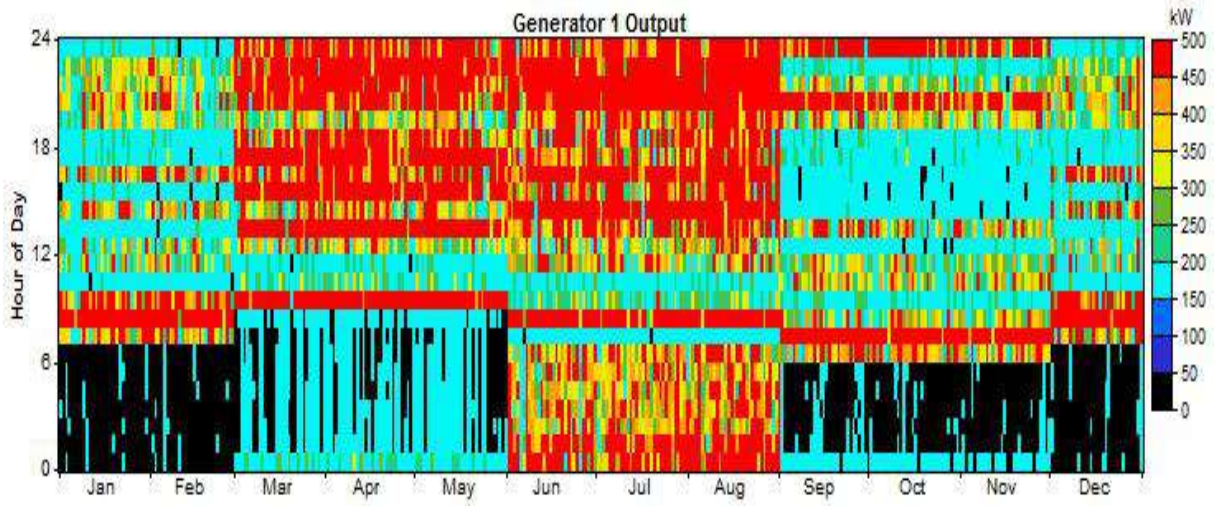


Figure 4-10 : Quantité d'énergie totale quotidienne produite par le générateur diesel pendant une année

Quantity	Value	Units
Hours of operation	7,520	hr/yr
Number of starts	296	starts/yr
Operational life	1.99	yr
Capacity factor	55.6	%
Fixed generation cost	271	$/hr
Marginal generation cost	0.0450	$/kWh

Quantity	Value	Units
Electrical production	2,436,137	kWh/yr
Mean electrical output	324	kW
Min. electrical output	150	kW
Max. electrical output	500	kW

Quantity	Value	Units
Fuel consumption	909,833	L/yr
Specific fuel consumption	0.373	L/kWh
Fuel energy input	8,952,762	kWh/yr
Mean electrical efficiency	27.2	%

Figure 4-11: résultats obtenue par le GD

L'analyse de la durée de production de l'énergie électrique au (GD) on la trouve pareille durant toute l'année. Le générateur fonctionne en parallèle avec les batteries de stockage. Il commence à la fin de la journée (au coucher de soleil) et continuer jusqu'au lever du soleil en raison de l'absence de l'énergie renouvelable (le soleil et le vent). A l'exception de la plage horaire quotidienne dans hiver et printemps entre (0h et 6h). Elles représentent les périodes instables de toute l'année. Ce retard dû au lever du soleil, pour produire entre (0KW à 15 kW) dans sa période (hiver printemps 0h jusqu'à 6h de matin) et de valeur max dans automne et l'été qui atteint intervalle de (450 KW a 500KW).

-Pour une durée totale de fonctionnement d'environ 7220 h/an à un prix de 0,045 $/kWh (4.88DZA/KWh). Le facteur de capacité 55.6%, le nombre de démarrage de GD est 296 dé/an.

-La production annuelle atteint 2436137Kwh/an

- consommation de diesel est de 909.833 L/an

-min de l'énergie électrique produite est de 150W avec un max de 500W.

4-5 : résultats obtenue par les batteries :

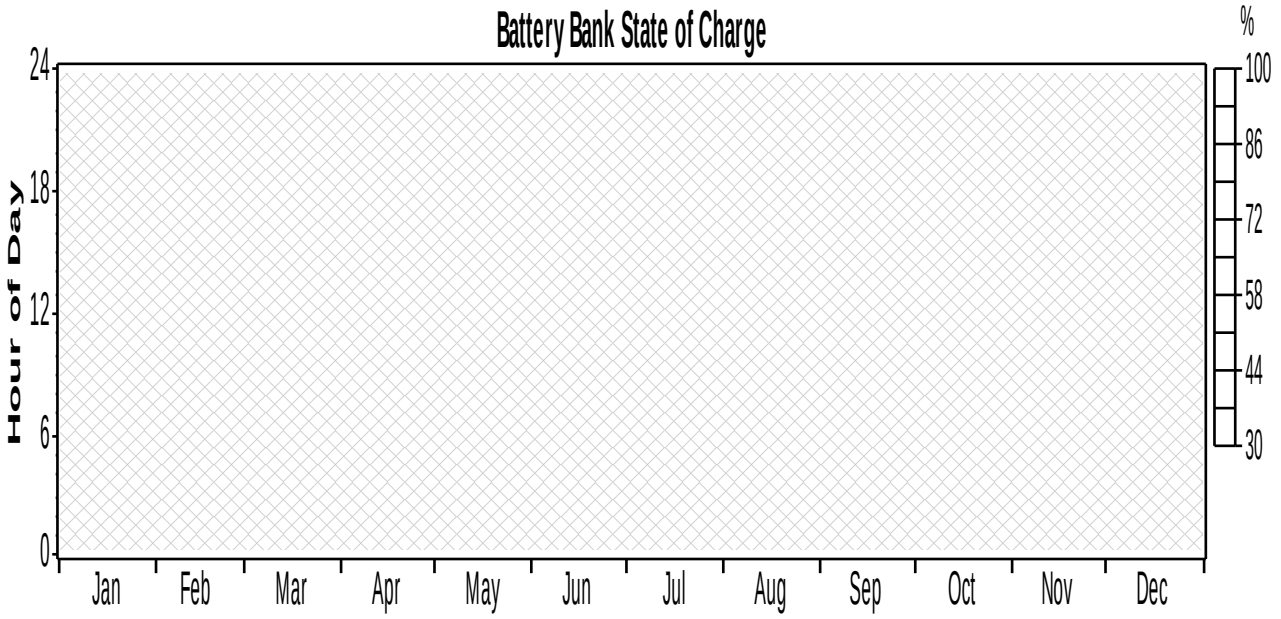


Figure 4-12: Utilisation de la charge des batteries à travers une année

Quantity	Value
String size	1
Strings in parallel	80
Batteries	80
Bus voltage (V)	6

Quantity	Value	Units
Nominal capacity	173	kWh
Usable nominal capacity	121	kWh
Autonomy	0.329	hr
Lifetime throughput	86,000	kWh
Battery wear cost	1.155	$/kWh
Average energy cost	0.023	$/kWh

Quantity	Value	Units
Energy in	35,262	kWh/yr
Energy out	29,974	kWh/yr
Storage depletion	2	kWh/yr
Losses	5,286	kWh/yr
Annual throughput	32,512	kWh/yr
Expected life	2.65	yr

Figure 4-13 : les résultats obtenus par les batteries

La batterie est une partie importante et fondamentale dans ce système économique d'énergie électrique et est utilisée d'une façon permanente durant toute la journée, où son niveau de charge est compris entre (37 et 100%) durant les jours d'année soit (35262KWh/an (in) et 29974 kWh/an out).avec un cout moyen atteint (0.023$/KWh) (2.494DZA/KWh). Elle est utilisée comme l'élément essentiel et fondamental pour la génération d'énergie surtout pendant la nuit et ceci à cause du manque d'énergie renouvelable (conditions météorologiques) d'une part et le manque de diésel d'une autre part pour des raisons diverses, parmi ces raison : la difficulté de livraison et la liaison avec cette région éloignée des zones productrices de diesel combustible. Et par conséquent, c'est le facteur le plus important et le seul dans la poursuite des travaux et l'avancement du projet.

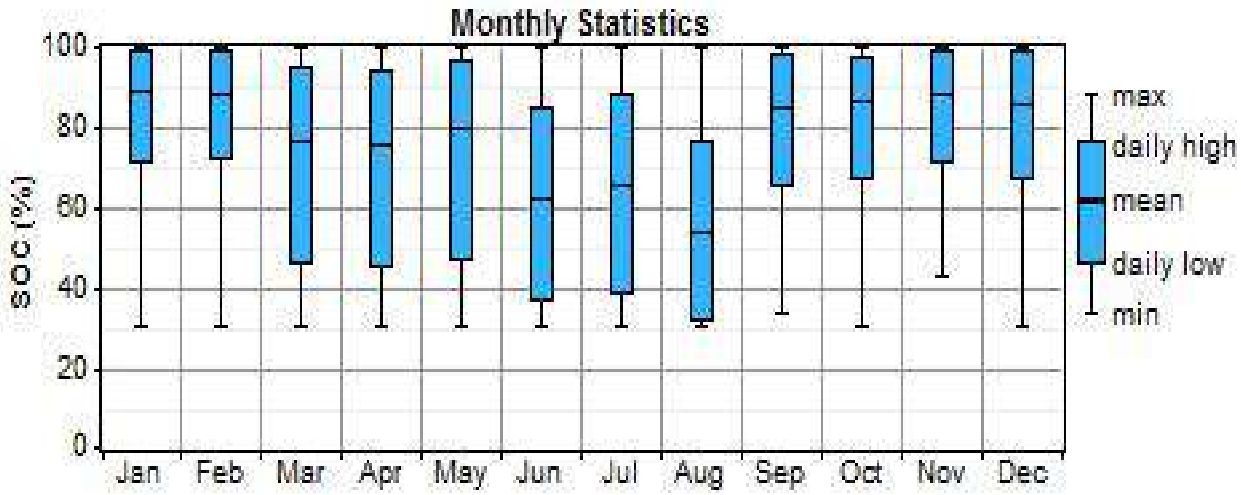


Figure 4-14 : Statistiques mensuelles pour le chargement des batteries

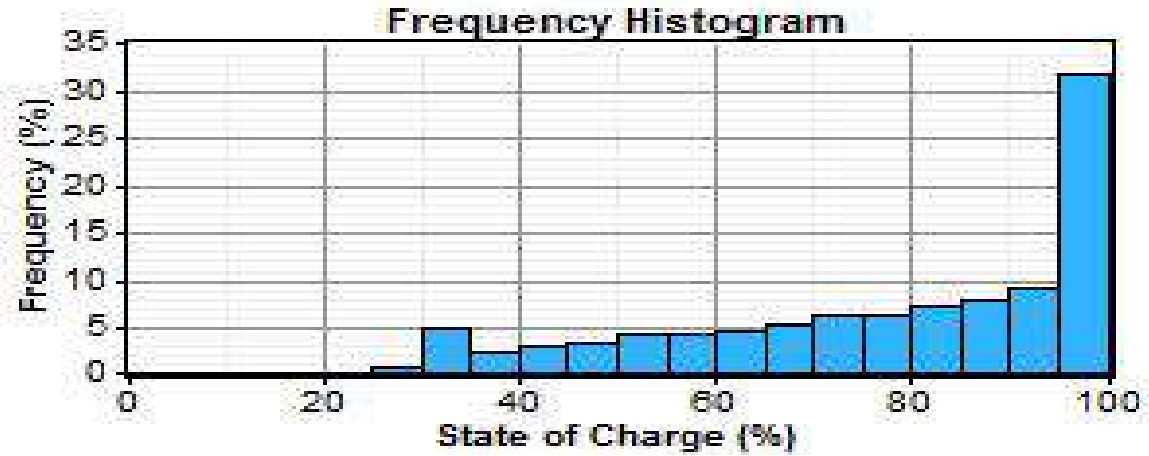


Figure 4-15 : état de charge en fonction de la fréquence

4-6 : résultats obtenue par les convertisseurs bidirectionnels

Un convertisseur statique est un montage utilisant des interrupteurs à semi-conducteurs permettant par une commande convenable de ces derniers de régler un transfert d'énergie entre une source d'entrée et une source de sortie. Dans notre cas utilise un redresseur pour redresser le courant alternatif en courant continu avec un onduleur qui travailler le contraire de le redresseur ce dernier Modifie le courant continu (DC) en courant alternatif (AC), La tension d'entrée, la tension et la fréquence de sortie et la gestion globale de l'alimentation dépendent de la conception du ou des équipements spécifiques. L'onduleur ne produit pas de puissance; Le courant est fourni par la source DC.

On remarque que la relation entre l'onduleur et le redresseur est complémentarité c'est-à-dire 1ère complète le 2ème pour assure bien fonctionnement des bus AC et DC de SEH.

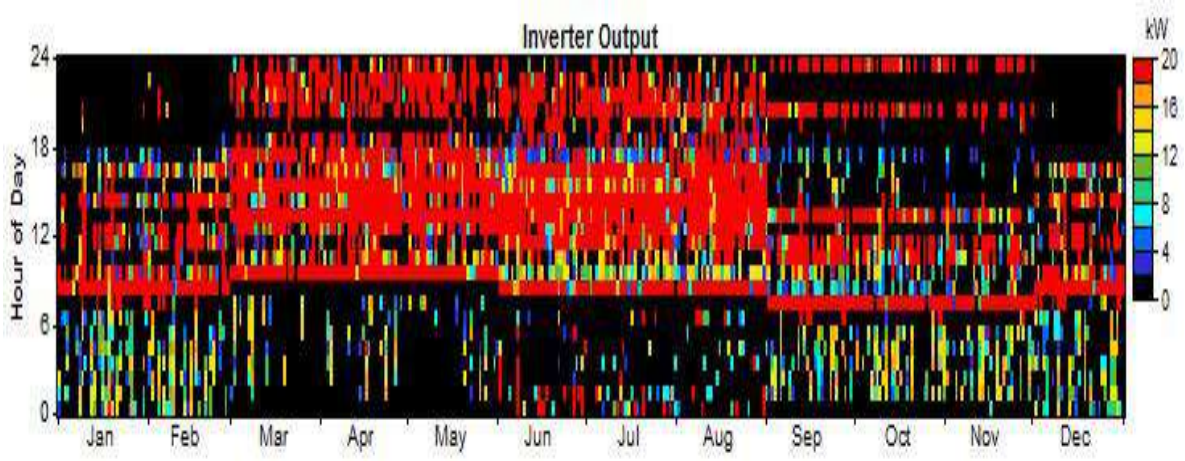


Figure 4-16 : résultats obtenues par l'onduleur.

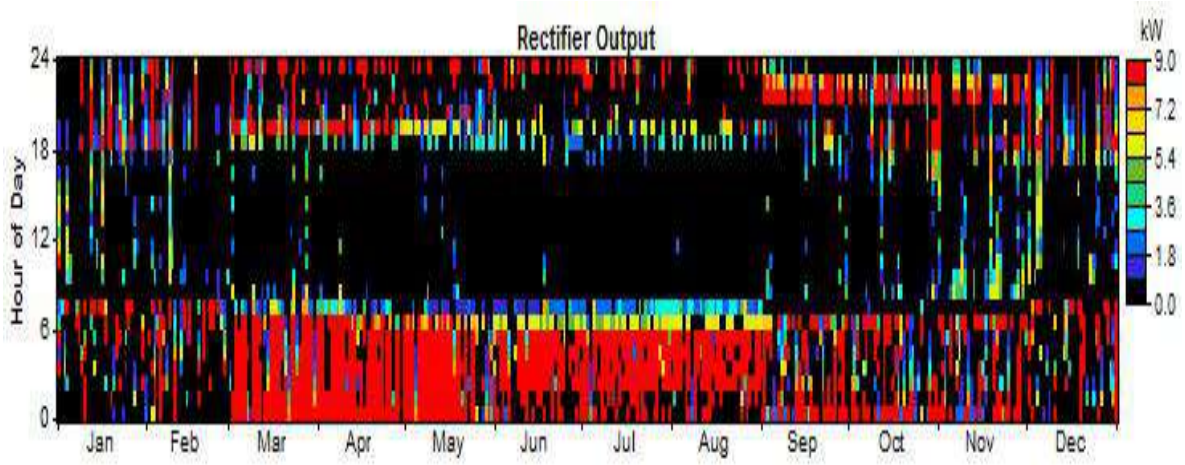


Figure 4-17 : résultats obtenues par le redresseur.

Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Capacity	20.0	20.0	kW
Mean output	7.1	2.0	kW
Minimum output	0.0	0.0	kW
Maximum output	20.0	8.6	kW
Capacity factor	35.6	10.1	%

Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Hours of operation	3,963	3,739	hrs/yr
Energy in	69,345	20,788	kWh/yr
Energy out	62,410	17,669	kWh/yr
Losses	6,935	3,118	kWh/yr

Figure 4-18 : résultats obtenue par le convertisseur

La capacité sont égaux qui égale à 20Kw, et la capacité moyen de sortie (7.1kw 2.0kw), le rendement maximal pour les deux est (20Kw, 8.6Kw), avec un factor de capacité (35.6% 10.1%), heures d'ouverture (3963h/an, 3799h/an), ainsi que la puissance d'entrée est de (69345 KWh/an ,20788 KWh/an) et de sortie (62410KWh/an,17669KWh/an) avec des pertes (6935KWh/an ,3118 KWh /an)pour l'onduleur et le redresseur respectivement.

4-7 : résultats des émissions

Beaucoup de villages éloignés ou isolés n'ont pas de l'électricité, et donc sont dans l'obligation de recourir au générateur diesel (GD), nous avons remarqué que la quantité de gaz émis est comme suit :

Pollutant	Emissions (kg/yr)
Carbon dioxide	2,395,891
Carbon monoxide	5,914
Unburned hydrocarbons	655
Particulate matter	446
Sulfur dioxide	4,811
Nitrogen oxides	52,770

Figure 4-19 : Quantité du gaz polluant émis par le système hybride.

C'est une très grande quantité de gaz polluant, causé par consommation de diesel (909833L/an) les gaz polluants sont :

-carbone dioxyde qui atteint le (2395891kg/an).

- carbone monoxyde (5914kg /an).

- Hydrocarbures non brûlés (655kg/an).

- particulière (466kg/an).

- dioxyde sulfuré (4811kg/an).

-oxyde de nitrogène (52770kg/an).

4-8 : estimation des résultats est les coûts.

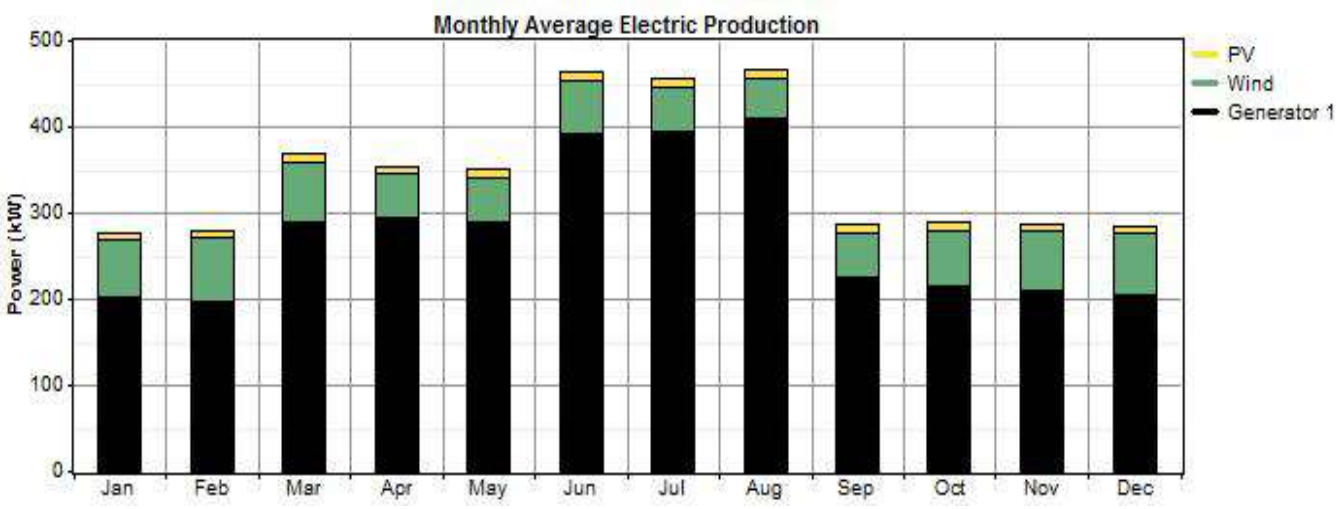


Figure 4-20: Production électrique moyenne mensuelle de SEH

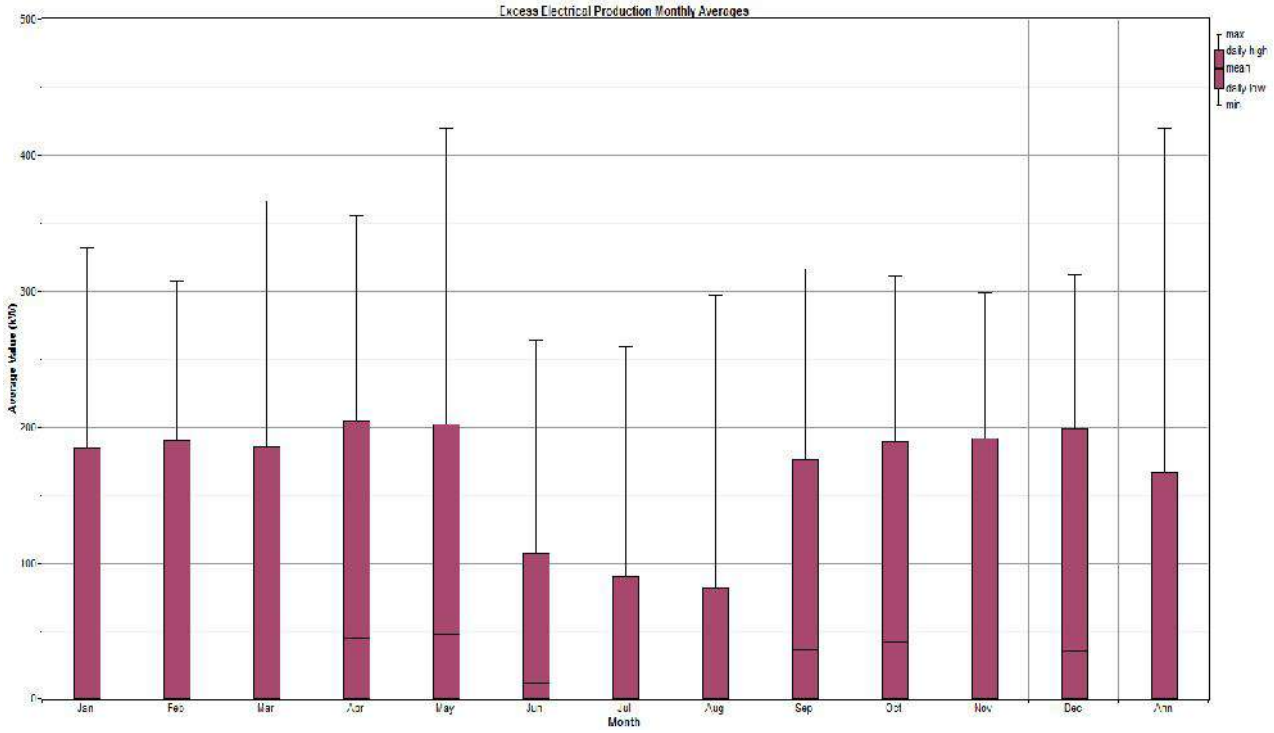


Figure 4-21: excès de l'électricité moyenne mensuelle de SEH

Quantity	kWh/yr	%
Excess electricity	283,355	9.3
Unmet electric load	467,218	14.5
Capacity shortage	697,455	21.7

Quantity	Value
Renewable fraction	0.201

-Remarque : Pour un projet soit viable économiquement il faut avoir un Excès d'électricité < a 10%. Et ses résultats est comme suit :

-avec charge électrique non remplie qui atteindre 14.5% soit (467.218KWh/an).

-et capacité de pénurie de 21.7% soit (6974455KWh/an).

-le facteur RF [renewable fraction] estime que 0.201.

Composant	**PV**	**Éolienne**	**GD**	**Batterie**	**Convertisseur**
Cout ($)	34500	900000	200000	91600	16000
Cout élémentaire ($/KWh)	0.573	0.201	0.0450	0.023	-

Tableau 4-2 : le cout et le cout élémentaire des composants en dollar.

-Le cout total de système global c'est 25133142$ avec un cout élémentaire 0.856$/KWh

1 U.S. dollar = 108.47 DZA.

Composant	**PV**	**Éolienne**	**GD**	**Batterie**	**Convertisseur**
Cout (DZA)	3742215	97323000	21694000	9935852	1735520
Cout élémentaire (DZA/KWh)	62.15	21.80	4.88	2.49	-

Tableau 4-3: le cout et le cout élémentaire des composants en dinars.

Le cout de système global c'est 2726191913 DZA avec un cout d'énergie 92.85DZA/KWH.

Conclusion générale :

Beaucoup de régions éloignées et rurales en Algérie ne sont pas connectés au réseau national en raison du coût élevé. Le but de cette étude est de réaliser une solution économique d'un système hybride de production de l'énergie renouvelable afin de réduire la consommation du diesel et de pollution de l'environnement. En utilisant le modèle de simulation du logiciel HOMER, qui a un langage interactif, Permettant la prédiction des tâches système d'une manière rapide et précise.

Il a été constaté que le système hybride idéal est le système qui est constitué de (PV/ éolien/diesel/stockage) avec une vitesse du vent de [3 m/s] ou plus. Il est constaté que ce type de système d'énergie est possible de résoudre le problème de l'électricité rurale dans notre pays. Dans les différentes conditions climatiques.

Le principal avantage d'un système hybride PV/ éolien / diesel/stockage est que lorsque les énergies solaires, éolienne et diesel sont utilisées en même temps avec un stockage, pour améliorer la fiabilité du système.

En ce qui concerne les résultats économiques, on peut remarquer que le système hybride représente une solution plus compétitive qu'un système photovoltaïque seul ou éolienne dans le cas de site de Médéa. D'autre part, la solution photovoltaïque présente un déficit pendant la période d'hiver pour la majorité des jours de l'année. Ainsi, l'utilisation d'un système hybride permet de surmonter les difficultés d'optimisation des paramètres et des coûts de production. Dans tous les cas, le modèle présenté peut être amélioré. Il souffre d'approximation et d'imprécision, à savoir l'utilisation de l'étape de données mensuelles, cependant l'utilisation de l'étape horaire qui traite la nature fluctuante de ces ressources permettra certainement d'améliorer ces résultats.

Les GES (gaz à effet de serre) polluent l'environnement (air, eau et sol), et affecte les êtres humains. C'est un coût indirect ou masqué, ce qui n'est pas pris en considération lors de l'utilisation de combustibles fossiles, il est payé par l'être humain.

La viabilité économique de ce projet est très bien causée par l'excès de l'électricité et le cout élémentaire des équipements électriques.

Enfin, ce travail nous a permis de déterminer l'architecture optimale d'un système hybride (PV/éolien/diesel/stockage) en donnant à l'utilisateur les éléments nécessaires pour décider de l'approche qui conduit au meilleur compromis entre coûts et besoins.

Les références:

Chapitre I:

[1] Heuraux Christine, “Formation aux métiers de l’électricité : un projet pilote en Afrique de L’Ouest au service de l’électrification rurale”, EDF, 21 et 23 mars 2011, Ouagadougou.
[2] A. Farcot, “Développement des énergies renouvelables en Afrique”, Sommet de l’énergie En Afrique, Total Energie, 5 et 6 novembre 2002, Paris.
[3] Vaughn C. Nelson, Ken L. Starcher, Robert E. Foster, R. Nolon Clark, Deon Raubenheimer, “Wind hybrid systems technology characterization”, West Texas AM University – AEI, New Mexico State University – SWTDI, USDA – ARS Bushland, Vista University, May 2002.
[4] J. G. McGowan, J. F. Manwell, “Hybrid/PV/Diesel system experiences”, Renewable Energy, Volume 16, 928-933, 1999.
[5] S. Ruin, O. Carlson, “Wind-hybrid systems with variable speed and DC-link”, Wind Power for the 21 century, Kassel, Germany, 25-27 September 2000.
[6] E. Ian Baring-Gould, L. Flowers, P. Lundsager, “Worldwide status of wind-diesel Applications”, Pre-Workshop Wind-Diesel 101, 2004, Anchorage, Alaska.
[7] P. Lundsager, H. Bindner, N. Clausen, S. Frandsen, L. H. Hansen, J. C. Hansen, “Isolated Systems with wind power”, Riso-R-1256 (EN), 2001.
[8] E. Koutroulis, K. Kalaitzakis, N. C. Voulgaris, « A hybrid PV-Wind generator system using a maximum power point tracking technique”, Renewable energies for Islands, chinia, Crete Greece, 2001.
[9] T. L. Jensen, “Renewable Energy on Small Islands”, Forum for Energy and development (FED), Second Edition Danmark, August 2000.
[10] Ionel Vechui, “Modélisation et analyse de l’intégration des énergies renouvelables dans Un réseau autonome”, Université du Havre, Thèse de doctorat, soutenue le 15 décembre 2005.
[11] M. Huart, “Guide des énergies renouvelables”, Association pour la promotion des Energies Renouvelables, Ministère de la Région Wallonne éditeur, 1994.
[12] I. Kamwa, B. Saulier, “ Modélisation, simulation et régulation d’un réseau éolien/diesel Autonome”, Rapport N°IREQ4340, Varennes, Canada, 1989.
[13] LILIENTHAL P., LAMBERT T., GILMAN P., “Computer modeling of renewable power systems”, In CLEVELAND C.J. (ed) Encyclopedia of Energy, Volume 1, pp. 633-647, 2004.
[14] L. H. Hansen, P. Lundsager, “Review of relevant studies of isolated systems”Riso-R-

1109 (EN) 2000.

[15] D. Turcotte, M. Ross, F. Sheriff, “Photovoltaic hybrid system sizing and simulation tools: status and needs”, PV Horizon: Workshop on photovoltaic hybrid systems, Montreal, 2001.
[16] Enrico Fabrizio, “Modélisation des Systems multi énergies dans les bâtiments”, Politecnico di Torino & Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Thèse de doctorat, soutenue le 2 juillet 2008.
[17] S. Drouilhet, M. Shirazi, “Wales, Alaska high-penetration wind-diesel hybrid power system, Theory of operation”, NREL/TP-50031755, May 2002.
[18] H. G. Beyer, T. Degner, “Assessing the maximum fuel savings obtainable in simple Wind-diesel systems”, Solar Energy, 61(1), pp. 5-10, Elsevier Science 1997.
[19] Michel Vandenbergh, “Systèmes hybrides PV/diesel pour l’électrification rurale”, Institut für solare Energie versorgungs technik, présentation PPT.
[20] B. Wichert, “PV-diesel hybrid energy systems for remote area power generation – A review of current practice and future developments”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 1997, 1(3), pp. 209-228, Elservier Science 1997.
[21] H. G. Beyer, T. Degner, “Assessing the maximum fuel savings obtainable in simple

Chapitre II:

[1] KARA Abdelfattah, Université Ferhat Abbas, mémoire master 2 automatique, Dimensionnement et analyse du coût d’un système hybride de production d’énergie renouvelable pour des sites isolés en Algérie 2014.
[2] KARA Abdelfattah, Université Ferhat Abbas, mémoire master 2 automatique, Dimensionnement et analyse du coût d’un système hybride de production d’énergie renouvelable pour des sites isolés en Algérie 2014.

[3] MS_GEER_2010-2011_Rapport_final_corrigé_NANA_NEUWOUH.PDF, MEMOIRE POUR L’OBTENTION DU MASTER SPECIALISE GENIE ELECTRIQUE, ENERGETIQUE ET ENERGIES RENOUVELABLES (GEER)
OPTION : ENERGIES RENOUVELABLES promotion 2010/2011.

Chapitre III:

[1] Geuridi Amina, mémoire magister promo 2009, université de Hassiba ben Bouali chlef, département de mécanique option : énergie renouvelable promo 2010/2011.PDF

[2] http:/www.furhlander.de

[3] The Economic Viability of Photovoltaic Electricity Production for Remote Applications by Hope Jennifer Corsair B.S., Fundamental Sciences, Lehigh University, 1996

[4] Geuridi Amina, mémoire magister promo 2009, université de Hassiba ben Bouali chlef, département de mécanique option : énergie renouvelable promo 2010/2011.PDF