REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière: Génie Electrique
Spécialité: Energie Renouvelable en Electrotechnique

ANALYSE TECHNICO-ECONOMIQUE D'UN SYSTEME HYBRIDE EOLIEN PHOTOVOLTAIQUE EN

COMPARAISON AVEC LES SYSTEMES PHOTOVOLTAIQUE ET EOLIEN

SEULS (site Aoulef Adrar)

Présenté par :
SAHRAOUI maamar
KHEBECHA ladjal

Proposé et Dirigé par :
TAMI youcef

Promotion 2019

Remerciements

Louange au Dieu le tout puissant qui nous accordé, le courage et la patience pour mener ce modeste travail

Nous tenons à formuler l'expression de notre profonde reconnaissance à notre promoteur

Mr TAMI Yousef pour ses pertinents conseils et ses orientations ainsi que de sa disponibilité tout au long de ce travail.

Nous remercions aussi les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce modeste travail.

Sans oublier nos enseignants qui nous ont ouvert les portes du savoir tout au long de notre cursus universitaire.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à

Mes très chers parents en particulier

A mes frères

A mes sœurs

A ma chère femme et chère enfants et à toute la famille

A mon binôme sahraoui

A tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin à

Réaliser ce travail

Ladjal

DÉDICACE

À mes enfants Zahra et Abdlejalil

À ma femme et mon père et mes frères et sœurs et toute ma famille

A mon binôme LADJAL

Enfin je le dédie à tous mes amis que je n'ai pas cités et à tous ceux

Qui me connaissent.

Sahraoui

ملخص:

نظرا للمساحة الشاسعة للجنوب الجزائري توجد هناك عدة مجمعات سكنية لكن بعيدة جدا عن الشبكة الكهربائية، فإذا تصح قيمة الربط فيها مرتفع الكلفة وفي بعض الأحيان مستحيلا. ولذلك، استعمال الأنظمة الهجينية أو المختلطة مفيدة للتزويد بالكهرباء سكان تلك المناطق.

حيث أن استغلال المولدات الكهربائية بواسطة الوقود الحفري أو الديزال هو الحل الأنسب في الوقت الحالي، وحدها الأنظمة التي تشتغل عن طريق الرياح أو الألواح الشمسية تستلزم عديد من الخزانات والبطاريات عندما تغيب المادة النفطية.

فالأنظمة الهجينة الذاتية: بواسطة الألواح الشمسية والرياح هم الحل في حد الساعة عند نفاذ الطافة النفطية، والتحليل سيفضي كيف يتم استعمال إمكانية تركيب الأنظمة بعضها بعضا خارج الشبكة وأيضا عند الربط في الشبكة.

الكلمات المفتاحية: الطاقة الشمسية الضوئية ، الأنظمة الهجينة ، تور بينات الرياح ، التحجيم ، هومر ، ريتسكرين

RÉSUMÉ

Vu la grande superficie du territoire sud algérienne, de nombreuses habitations sont isolées ou à une distance importante du réseau électrique, donc les coûts de raccordement au réseau sont gonflés et souvent, le raccordement est tout simplement impossible. Les systèmes autonomes sont donc intéressants pour alimenter en électricité les habitants de ces régions. L'utilisation de génératrices carburant aux énergies fossiles est la solution actuelle. Les systèmes seuls, éolien ou photovoltaïque, nécessitent beaucoup d'accumulateurs pour pallier à l'intermittence des gisements. Les systèmes hybrides autonomes avec des panneaux solaires photovoltaïques et des éoliennes sont donc une solution potentielle limitant l'intermittence des ressources. L'analyse de diverses combinaisons de systèmes est réalisée en situation hors réseau et connectée au réseau.

Les Mots clé : photovoltaïques, systèmes hybrides, éoliennes, Dimensionnement, HOMER, RETScreen.

ABSTRACT

Given south Algerian vastness, numerous homes are located in remote areas or considerably far away from the electric grid. Tying these homes to the grid is often very expensive or even impossible. Stand-alone system are thus prime candidates to provide the energy requirements for the inhabitants of isolated locations. Currently, fossil fuel generators are the most widespread solutions. Wind- or photovoltaic-only systems require large amounts of batteries to compensate for the intermittence of resource availability. Stand-alone hybrid systems that combine both wind turbines and photovoltaic solar panels address this issue. Various combinations of both stand- alone and grid-connected systems are analyzed.

Keywords: photovoltaic, hybrid systems, wind turbines, Sizing, HOMER, RETScreen.

SOMMAIRE

DÉDICACE

REMERCIEMENTS

RÉSUMÉ

ABSTRACT

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

LISTE DES ANNEXES

INTRODUCTION.....1

CHAPITRE 1 : REVUE SUR SYSTEME HYBRIDE…….....4

1. introduction ……...4

1.1 Les systèmes hybrides 4

1.2 Situation algérienne du photovoltaïque et des habitations isolées……...5

1.2.1 Habitations en milieu isolé 5

1.2.2 Énergie fournie par les différentes technologies de panneaux solaires 5

1.3 Dimensionnement.....5

1.3.1 Système photovoltaïque 6

1.3.2 Système éolien.....6

1.3.3 Système avec génératrice au diésel 6

1.3.4 Systèmes hybrides 6

1.4 Développement durable et analyses économique et de l'aspect social……7

1.4.1 Analyse économiqu.....7

1.5.2 Analyse de l'aspect social 7

1.6. Conclusion…….8

CHAPITRE 2 PRÉSENTATION DES LOGICIELS 9

2.1 Introduction 9

2.1.1 Logiciels pour le photovoltaïque 10

2.1.2 Logiciels pour l'éolien 19

2.1.3 Logiciels pour les énergies renouvelables 10

2.2 Paramètres pour le choix des logiciels 10

2.2.1 Langue 11

2.2.2 Accessibilité à tous 11

2.2.3 Plusieurs technologies disponibles 12

2.2.4 Systèmes hors réseau 12

2.2.5 Simulation de systèmes dans plusieurs sites 13

2.2.6 Évaluation des coûts 13

2.2.7 Optimisation des systèmes 13

2.3 Logiciels choisis 13

2.4 Présentation de HOMERpro 19

2.4.1 Principales caractéristiques 19

2.4.2 Interfaces 21

2.5 Présentation de RETScreen 26

2.5.2 Interfaces 26

2.5.3 Résultats pouvant être obtenus 30

2.6 Conclusion 30

CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE 31

3.1 Introduction…….31

3.1.1 Démarche générale du projet.....31

3.2 Stratégie pour l'étude des systèmes seuls 32

3.3 Stratégie pour l'étude des systèmes hybrides.....32

3.4 Méthodologies spécifiques aux simulations.....33

3.4.1 Méthodologie pour le système photovoltaïque 33

3.4.2 Démarche globale pour le photovoltaïque……...34

3.4.3 Évaluer de la demande énergétique……..35

3.4.4 Méthodologie pour système Éolie……35

3.4.5 Démarche globale pour l'éolien……36

3.4.6 Évaluer de la demande énergétique……...36

3.4.7 Méthodologie pour le système diésel……37

3.4.8 Démarche globale pour le diesel……37

3.4.9 Évaluer de la demande énergétique……...38

3.5 Résultats à analyser ……..……...……..39

3.6 Conclusion……39

CHAPITRE 4 PRÉSENTATION DES DONNÉES UTILISÉES 40

4.1 Introduction……...……40

4.1.1 Présentation des données utilisées……..……...40

4.1.2 Demande énergétique globale d'une résidence à Aoulef (Adrar) ……..40

4.1.3 Profils journaliers .....…42

4.1.4 Répartition de la demande énergétique pour le secteur résidentiel 43

4.1.5 Comparaison des données de gisement solaire RETScreen et HOMER ..... .44

4.2 Validation des simulations et effet du gisement sur la consommation……44

4.2.1 Validation des données d'ensoleillement de RETScreen et d'HOMER……44

4.2.2 Validation des simulations……...….53

4.2.3 Comparaison entre Aoulef et un lieu faible ensoleillement Etaref en Algérie….53

4.2.4 Comparaison entre Aoulef et un lieu faible vent Tlemcen en Algérie…….....54

4.3 Conclusion…….....54

CHAPITRE 5 ÉTUDE COMPARATIVE DES SYSTÈMES SEULS, HYBRIDES AUTONOMES ET HYBRIDES CONNECTES AU RÉSEAU..... 55

5.1 Introduction ……..……55

5.1.1 Études des systèmes seuls avec HOMER et RETScreen…….……55

5.1.2 Systèmes seuls avec HOMER……..55

5.2 Systèmes hybrides…….56

5.2.1 Systèmes hybrides hors réseaux avec analyses de sensibilité ……56

5.2.2 Analyses de sensibilités des systèmes seuls et hybrides connectés au réseau Sans génératrice …….....62

5.2.2.1 Études du système PV seul et celui connecté au réseau……...62

5.2.2.2 Études du système éolien seul et celui connecté au réseau…….64

5.2.2.3 Études du système hybride (photovoltaïque, éolien) connecté au réseau local sans génératrice……67

5.2.2.4 Analyses de sensibilité des Systèmes hybrides (photovoltaïque, éolien) connectés au réseau éloigné sans génératrice……69

5.2.3 Analyses de sensibilité d'un système hybride (photovoltaïque, éolien) connecté au réseau local avec génératrice……...…71

5.2.4 Analyses de sensibilité d'un système hybride (photovoltaïque, éolien) connectés au réseau éloigné avec génératrice……...72

5.3 Résultats généraux des analyses et des simulations……..75

5.4 Conclusion……..……..75

CONCLUSION 77

LISTE DES RÉFÉRENCES 80

ANNEXES…….81

Liste des tableaux

Tableau 2.1 : Paramètres pour le choix des logiciels – In my backyard……..14

Tableau 2.2 Paramètres pour le choix des logiciels – EnergyPeriscope……...15

Tableau 2.3 Paramètres pour le choix de logiciels – Hybrid2……..16

Tableau 2.4 Paramètres pour le choix des logiciels – HOMER……...17

Tableau 2.5 Paramètres pour le choix des logiciels – RETScreen……18

Tableau3.1 : Évaluation de la demande énergétique journalière (pv)……...35

Tableau 3. 2 : Évaluation de la demande énergétique journalière (éolien)……....37

Tableau 3.3 : Évaluation de la demande énergétique journalière (Diesel)……....38

Tableau 3.4 : Évaluation de la puissance des appareils……39

Tableau 4.1 Consommation d'énergie par utilisation finale en pourcentage (2015)..43

Tableau 4.2 Consommation annuel d'une résidence à Aoulef (2017) en KW…….45

Tableau 4.3 Système photovoltaïque évalué avec les gisements de HOMER et de RETScreen pour la consommation totale moyenne de 19,75 kWh/j…….48

Tableau 4.4. Système éolienne évalué avec les gisements de HOMER et de RETScreen pour la consommation moyenne de 19,75 kWh/j……...50

Tableau 4.5 Système diesel évalué avec les gisements de HOMER et de RETScreen pour la consommation totale moyenne de 19,75 kWh/j……...52

Tableau 4.6 Moyenne d'ensoleillement pour Aoulef (Adrar)et El Taref…….53

Tableau 4.7 Système photovoltaïque un lieu faible ensoleillement (El Taref en Algérie).53 évalué avec les gisements de HOMER et de RETScreen pour la consommation moyenne de 19,75 kWh/j

Tableau 4.8 Moyenne de gisement éolien pour Aoulef et Tlemcen.....54

Tableau 4.9. Système Eolien un lieu moins venteux Tlemcen évalué avec les gisements de HOMER et de RETScreen pour la consommation moyenne de 19,75 kWh/j……54

Tableau 5.1 Résumé des systèmes simples étudiés avec HOMER pour Saint-Hubert pour la consommation totale de 48,88kWh/j…….55

Tableaux 5.2 résultats d'analyses de sensibilité de Systèmes hybrides connectés au réseau local……62

Tableaux 5.3 résultats d'analyses de sensibilité de Systèmes éolien connectés au réseau local…….64

Tableaux 5.4 résultats d'analyses de sensibilité de Systèmes hybrides connectés au réseau local…….67

Tableaux 5.5. Résultats d'analyses de sensibilité de Systèmes hybrides sans génératrice connectés au réseau avec une distance de50km…….69

Tableaux 5.6 résultats d'analyses de sensibilité de Systèmes hybrides avec génératrice connectés au réseau local……71

Listes des figures:

Figure 2.1 Modèle conceptuel de HOMER……19

Figure2.2 Interface HOMER pro……...21

Figure 2.3. Interface HOMER – définition du projet…….22

Figure 2.4 Interface HOMER – type de charge……..23

Figure 2.5 Interface HOMER – sélection des équipements……23

Figure 2.6 Interface HOMER – les ressources…….24

Figure2 .7 Interface HOMER –choix d'autre données……24

Figure2 .8 Interface HOMER – fenêtre Résultats des calculs…….25

Figure2 .9 Interface RETScreen 4……27

Figure2 .10 Interface RETScreen -choix de lieu…….....28

Figure2.11. (Feuillet des coûts) aide l'utilisateur à estimer les coûts (et les crédits) relatifs au cas proposé, il considère les coûts d'investissement initiaux et les frais annuels récurrents..29

Figure2.12. (Feuillet Analyse financière)……29

Figure 3.1 Démarche générale du projet……..31

Figure 4.1 Profils de consommation journalière pour l'année……..41

Figure 4.2 .1a Profils de consommation identifiée par mois……41

Figure 4.3 Profile journalière……42

Figure 4.4.a. profil de charge de consommation moyenne 19,75 KWh /j avec HOMER pour système photovoltaïque seul……46

Figure4.4.b. profil de charge de consommation moyenne 19,75 KWh /j avec RETScreen pour système photovoltaïque seul…….46

Figure 4.5 résultat de calcule HOMER pour système photovoltaïque seul……..47

Figure 4.6 Modèle énergétique RETScreen pour système photovoltaïque seul…….47

Figure 4.7 Analyse financière avec RETScreen pour système photovoltaïque seul……48

Figure 4.8 Résultat de calcule HOMER pour système Eolien seul…….49

Figure 4.9. Modèle énergétique RETScreen pour système éolien seul……..49

Figure 4.10. Analyse financière avec RETScreen pour système Eolien seul……50

Figure 4.11. Résultat de calcule HOMER pour système diesel seul…….51

Figure 4.12. Modèle énergétique RETScreen pour système diesel seul……..51

Figure 4.13 Analyse financière avec RETScreen pour système Eolien seul……52

Figure 5.1 Analyse des systèmes hybrides hors réseau pour la consommation d'une maison moyenne avec les coûts évalués initialement……..56

Figure 5.2 Modification du coût des panneaux 35% de moins du coût initial……...…58

Figure 5.3 Analyse de sensibilité pour les systèmes hybrides avec modification du coût des éolienne……...….59

Figure 5.4 Analyse de sensibilité pour les systèmes hybrides avec augmentation de 25% sur le coût du diésel……..…60

Figure 5.5 Analyse de sensibilité pour les systèmes hybrides avec modification du coût des batteries……61

Figure 5.6 Résultats graphiques de l'analyse des systèmes photovoltaïques connectés réseau pour la consommation d'une maison moyenne avec les coûts évalués initialeme..….63

Figure 5.7 Analyse de la distance du réseau pour le seuil de rentabilité du système photovoltaïque en comparaison avec le système connecté au réseau……..64

Figure 5.8 Résultats graphiques de l'analyse du système éolien seul optimal connecté au réseau pour la consommation d'une maison moyenne avec les coûts évalués initialement……65

Figure 5.9 Analyse de la distance du réseau pour le seuil de rentabilité du système éolien en comparaison avec le système connecté au réseau……..66

Figure 5.10 Résultats graphiques de l'analyse des systèmes hybride sans génératrice connectés au réseau pour la consommation d'une maison moyenne avec les coûts évalués initialement…….....68

Figure 5.11 Analyse de la distance du réseau pour le seuil de rentabilité du système hybride sans génératrice connecté au réseau……..70

Figure 5.12 Résultats graphiques de l'analyse des systèmes hybride avec génératrice connectés au réseau pour la consommation d'une maison moyenne avec les coûts évalués initialement……..72

Figure 5.13 Résultats graphiques de l'analyse des systèmes hybrides avec génératrice connectés au réseau pour la consommation d'une maison moyenne avec les couts évalues initialement…..73

Figure 5.14 Résultats graphiques de l'analyse des systèmes hybride avec génératrice connectés au réseau éloigné réseau pour la consommation d'une maison moyenne avec les coûts évalués initialement……74

Figure 5.15 Analyse de la distance du réseau pour le seuil de rentabilité du système hybride avec génératrice connecté au réseau éloigné……..74

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

CO2 : Dioxyde de carbone

NREL: National Renewable Energy Laboratory
(Laboratoire national des énergies renouvelables)

PV : Photovoltaïque

RNCREQ : Regroupement national des conseils régionaux de l'environnement

SKTM : Sharikate Takat El Moutajadida (SKTM, filiale du Groupe Sonelgaz)

'O.N.M.' : l'Office National de la Météorologie

Canmet Energy : Centre de la technologie de l'énergie de CANMET -Varennes

PMD : puissance moyenne disponible

Homer : Hybride modèle d'Optimisation pour l'Energie Renouvelable

(Logiciel produit par le Laboratoire National de l'énergie Renouvelable).

LISTE DES ANNEXES

ANNEXES1 : Présentation de HOMER……81

ANNEXES 2 : Dimensionnement manuelle……..92

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le sud algérien, bon nombre d'habitations se situent en territoire isolé ou à une distance significative du réseau électrique. Les coûts de raccordement au réseau sont importants et parfois, le raccordement est tout simplement impossible. Le taux de rayonnement solaire dépasse dans certaines régions, tels Adrar et Aïn Salah, les 3.500 heures/an [1]

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 n'est reste pas moins que les systèmes utilisent beaucoup de carburant fossile.

Les systèmes seuls, éolien ou photovoltaïque, 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. Différentes combinaisons de systèmes sont analysées dans ce mémoire à la fois en situation hors réseau et connectée au réseau. Dans cette introduction sont exposés l'hypothèse principale et sa vérification, les questions de recherche, les objectifs généraux et spécifiques, l'originalité du projet et le contenu du mémoire.

Hypothèse principale.

Nous supposons que l'ajout d'un système photovoltaïque à un système éolien hors réseau en Algérie permet de diminuer l'intermittence du système et donc, de diminuer la quantité d'accumulateurs nécessaires à la fiabilité du système ou de réduire la dimension des systèmes éolien et photovoltaïque installés. Cette diminution du nombre d'accumulateurs et de la taille des systèmes installés permet de réaliser des économies qui justifieraient le surcoût engendré par l'ajout du système photovoltaïque au système éolien.

Vérification de l'hypothèse principale.

Ainsi, l'hypothèse sera réfutée si l'ajout d'un système photovoltaïque à un système éolien ne permet pas de réaliser des économies sur le système installé.

Questions de recherche.

Voici les deux questions de recherche principales et une question secondaire :

-Est-ce qu'en région isolée en Algérie, les systèmes hybrides éoliens-photovoltaïques sont économiquement et techniquement viables en comparaison avec les systèmes photovoltaïque et éolien seuls ?

-Est-ce ce que ces mêmes systèmes sont viables en comparaison avec la situation actuelle génératrice diesel ou le réseau ?

Quels logiciels sont reconnus et facilement accessibles (coût, facilité d'utilisation, champ d'application) pour réaliser de telles études ?

Objectifs généraux.

Comparer des systèmes hybrides éoliens-photovoltaïques avec des systèmes photovoltaïque ou éolien seuls pour certains sites hors réseau en Algérie et par rapport à d'autres sites en l'Algérie . La comparaison avec la situation actuelle sera aussi effectuée (diesel et réseau). Pour ce faire, dans un premier temps, les systèmes seuls sont étudiés. Par la suite, différentes combinaisons de systèmes hybrides hors réseau sont analysées. Finalement, les différentes combinaisons de systèmes sont étudiées avec la situation connectée au réseau.

Tâches spécifiques.

Les tâches spécifiques du projet sont les suivantes :

1. Identifier au moins deux logiciels nécessaires pour la réalisation du projet,
2. Sélectionner les sites pour l'étude (gisement solaire élevé et un avec gisement éolien élevé),
3. Définir les différentes composantes des systèmes à comparer,
4. Effectuer la comparaison en tenant compte du côté technique et économique,
5. Faire une analyse comparative entre les données fournies par les deux logiciels.

Originalité du projet.

L'originalité du projet réside dans l'ajout d'un système photovoltaïque à un système éolien dans un contexte algérien et hors réseau. De plus, des méthodologies pour le dimensionnement des systèmes sont définies pour chacun des systèmes seuls avec le logiciel principal utilisé. Des exemples de calculs sont aussi fournis.

Contenu du mémoire.

Tout d'abord, une revue de littérature est présentée; elle comprend une brève discussion sur l'avantage des systèmes hybrides, un état de la situation en Algérie pour les habitations hors réseau et sur les technologies solaires, elle intègre une courte étude mettant en relation les systèmes étudiés et le développement durable ainsi qu'une présentation de différentes analyses du environnementales réalisées au cours des dernières années.

Viennent ensuite les chapitres présentant les logiciel les méthodologie Pour le dimensionnement et les données utilisées pour l'étude.

Le cœur du travail est exposé dans les sections traitant de la validation, de l'analyse et de la discussion des résultats dans les chapitres : validation des simulations et effet du gisement sur la consommation, étude comparative des systèmes seuls, hybrides autonomes et hybrides connectés au réseau et résultats généraux des analyses et des simulations. Finalement, la conclusion fait un retour sur les hypothèses, les objectifs et les questions de recherche.[2].

CHAPITRE 1

REVUE SUR SYSTEME HYBRIDE

1.introduction :

La revue de littérature consiste en l a présentation des logiciels et des données. Dans cette section, il est question de la revue de littérature générale sur les systèmes d'énergies renouvelables hors réseau souvent couplés avec des génératrices diésel. L'avantage de l'utilisation des systèmes hybrides est discuté et la situation particulière du sud algérien est définie.

Bien que dans cette étude, il ne sera traité que des aspects techniques (dimensionnement) et économiques, nous avons cru bon de faire une brève recherche sur l'ensemble des aspects économique, social et environnemental.[2]

1.1 Les systèmes hybrides

L'énergie solaire et l'énergie éolienne sont des ressources intermittentes[3] , Pour créer un système hors réseau fiable, ces systèmes éoliens ou photovoltaïques nécessitent une grande quantité d'accumulateurs (batteries) très coûteux[4] et qui doivent généralement être remplacés avant la fin de vie des installations. L'installation des systèmes éoliens seuls ou photovoltaïques seuls engendre souvent un surdimensionnement des éoliennes ou de la surface photovoltaïque nécessaires et ceci occasionne souvent des surcoûts inutiles.

De plus, les systèmes autonomes peuvent être justifiés lors de coûts élevés de raccordement au réseau électrique ou lorsque les coûts d'entretien du réseau seraient trop importants ou encore lorsque le raccordement est tout simplement impossible ou non souhaité. Les systèmes hybrides offrent une alternative verte aux génératrices qui s'alimentent au diesel pour répondre aux différents besoins des régions éloignées.

Selon les articles écrits ces dernières années, on remarque que les projets sur les systèmes hybrides photovoltaïque et éolien hors réseau augmentent. Plusieurs d'entre eux ont lieu en Afrique – Algérie [5] .

Aussi, de nombreux logiciels ont été développés afin de modéliser et de dimensionner les systèmes d'énergies renouvelables [2].

1.2 Situation algérienne du photovoltaïque et des habitations isolées

1.2.1 Habitations en milieu isolé

Le territoire de sud algérien est immense de nombreux endroits ne sont pas couverts par le réseau électrique sonalgez .

On estime plusieurs villages isolés du sud pour lesquels l'approvisionnement en électricité se fait avec des génératrices à partir d'énergies fossiles soit diésel ou mazout. L'utilisation de ces carburants a de nombreux désavantages, leur prix ne cesse de s'accroître étant donné que la ressource est portée à disparaître et les coûts de transport et d'entretien sont élevés. Ces carburants sont aussi une source de gaz à effet de serre, en plus de présenter des risques pour la sécurité, la santé publique ou pour les écosystèmes surtout lors de la manutention et du transport, mais aussi pendant leur utilisation (fuite de gaz, ventilation inadéquate, etc.).[2]

1.2.2 Énergie fournie par différentes technologies de panneaux solaire

Une étude faite par Canmet Energy à Varennes apporte des conclusions intéressantes sur les différents types de panneaux solaires photovoltaïques utilisés et l'énergie fournie par watt - crête (W_C) installé de ces panneaux. Les panneaux étudiés sont : un au silicium cristallin de BP Solar, un au silicium cristallin de Sunpower, une triple-jonction de silicium amorphe de Unisolar et une hétérojonction de silicium de Sanyo. Sur une année complète, ils offrent pratiquement la même quantité d'énergie en Wh/W_C, ils fournissent respectivement : 1542 Wh/W_C, 1541 Wh/W_C, 1570 Wh/W_C et 1549 Wh/W [2].

1.3 Dimensionnement

Il est difficile de trouver dans la littérature comment dimensionner les différents appareils pour les systèmes autonomes avec une approche pratique. La plupart des ouvrages portent sur la théorie de base des technologies, mais rarement sur le dimensionnement précis des équipements de base (panneaux solaires, éoliennes ou génératrices) et encore moins des appareils accessoires (banque de batteries, onduleurs, régulateurs). Les articles quant à eux ne fournissement pas ces informations, mais plutôt des informations très spécifiques sur l'étude réalisée. Peu de résultats concrets sont présentés puisque les informations fournies par les références ne sont pas suffisantes afin bien mettre ces études en contexte et en faire une comparaison valide avec la présente étude.[2].

1.3.1 Système photovoltaïque

Pour le système solaire photovoltaïque, un ouvrage incontournable est Énergie solaire photovoltaïque d'Anne Labouret .

Les informations pour le dimensionnement sont précises et sont indiquées pour tous les équipements et appareils du système et des exemples sont fournis ce qui aide grandement à la compréhension. Les autres ouvrages portent beaucoup sur la base théorique des panneaux et leur constitution. [2] .

1.3.2 .Système éolien

La littérature pour les systèmes éoliens est surtout orientée vers les éoliennes de grandes puissances et les systèmes connectés au réseau .

Elle est aussi très théorique et porte souvent sur le dimensionnement des pâles ou de l'éolienne elle-même à défaut de présenter comment dimensionner à partir d'équipements déjà existants et avec divers types et formats de données de gisement éolien.[2]

1.3.3. Système avec diésel

La littérature pour les systèmes diésel au niveau du dimensionnement est déficiente. Heureusement que les différents manufacturiers de génératrice au diésel ont des pistes de dimensionnement sur leurs sites internet. Encore une fois, les ouvrages traitent plutôt de la conception des appareils au lieu du dimensionnement pour une application particulière.[2]

1.3.4. Système hybrides

Au niveau des systèmes hybrides, les ouvrages sont encore plus rares. Étant donné que peu existe pour les systèmes seuls, il est donc normal de trouver que la littérature pour les systèmes hybrides est encore plus mince. Le problème est le même que pour les systèmes seuls, le dimensionnement pratique n'est pas discuté dans les ouvrages .[2]

1.4 Développement durable et analyses économique et de l'aspect social

1.4.1 Analyse économique

L'analyse économique passe bien sûr par le calcul des coûts du projet et sa rentabilité. Divers indices comme l'ETP peuvent être utilisés. Cet indicateur est le moment auquel la source d'énergie devient rentable au niveau énergétique, c'est-à-dire que l'énergie fournie par la source couvre les dépenses énergétiques pour l'implantation de cette source. Les options utilisant des énergies renouvelables peuvent être comparées à d'autres options comme l'option existante (les génératrices) ou l'option commune de la région, province ou du pays (se connecter au réseau).Dans le cas présent, s'il y a possibilité de raccordement au réseau, il faudrait estimer les coûts associés versus les coûts des options des technologies renouvelables. S'il n'y a pas possibilité de raccordement au réseau, diverses possibilités sont disponibles : utiliser un système avec génératrice ou un système d'énergies renouvelables pour chaque maison ou besoin précis (environ 5 kW – 10 kW) ou faire un réseau alimenté par des énergies renouvelables pour un groupement des maisons ou de besoins, mais qui serait de plus grande capacité (environ 50 kW).

Ensuite, une analyse plus globale peut être faite pour les technologies afin de savoir si elles sont de bons stimulants économiques. Si le domaine est en essor et permet de créer des emplois, les technologies deviennent intéressantes.

De plus, si la région présente des avantages face à d'autre pour l'implantation cette technologie, les gouvernements veulent attirer cette industrie. Plusieurs gouvernements offrent des incitatifs pour l'utilisation des technologies renouvelables ou pour des mesures d'efficacité énergétique.[6]

1.4.2 Analyse de l'aspect social

L'aspect social est de façon générale l'amélioration de la condition humaine par la satisfaction de besoins essentiels et l'amélioration de la qualité de vie. Ceci intègre les principes généraux d'accès à l'emploi, à l'éducation, aux soins médicaux, aux services sociaux et à un logement de qualité. Dans de nombreux pays en voie de développement ou sous-développés, les systèmes hybrides ou photovoltaïques sont utilisés pour la désalinisation de l'eau de mer pour offrir de l'eau potable ou encore pour réfrigérer les médicaments ou alimenter les équipements médicaux dans les cliniques des régions isolées. L'utilisation de l'énergie solaire pour ce genre de besoins est essentielle à l'amélioration de la qualité de vie

des gens de ces régions. De plus, l'ajout de systèmes éoliens aux systèmes photovoltaïques permet d'offrir une sécurité pour un apport en énergie continue. Pour les cliniques, par exemple, souvent le système photovoltaïque ou hybride est couplé à une génératrice puisqu'on ne peut pas permettre une défaillance du système et se retrouver sans apport d'énergi**.** De plus, plusieurs villages reculés du monde installent ou font des projets d'installations d'énergies renouvelables. Ces installations peuvent simplement être utilisées pour pomper ou chauffer de l'eau ou encore apporter un besoin minimal en énergie par exemple dans les écoles ou centres communautaires. L'aspect social peut aussi se traduire par la responsabilité sociétale de l'entreprise. Ceci se traduit par les bonnes conditions de leurs employés, le respect des communautés environnantes et du territoire. L'employeur doit offrir de bonnes conditions de travail (santé et sécurité, hygiène et propreté des lieux) et aussi leur donner de la formation nécessaire.[6].

1.5. conclusion

Dans ce chapitre en présente les avantages le système hybride et les différant système de énergie renouvelable et en suite développement durable et analyses économique et de l'aspect social pour calcul des coûts du projet et sa rentabilité et l'amélioration de la condition humaine.

CHAPITRE 2

PRÉSENTATION DES LOGICIELS

2.1 Introduction

Étant donné 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 d'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. Les logiciels qui font référence à plusieurs sources d'énergie sont, quant à eux, plus rares.[2].

2.1.1 Logiciels pour le photovoltaïque

Les technologies des panneaux solaires photovoltaïques ont beaucoup évolué et ces outils aussi. Il existe des logiciels pour la simulation (TRNSYS, INSEL, HOMER, PV-DesignPro), d'autres pour l'évaluation des coûts et des différentes données économiques (SOLinvest, RETScreen) ou pour l'analyse et la planification des systèmes (PV F-Chart, Laplace System, PV*SOL, PVcad, PVSYST, PV Professionnal, Kerychip, Tetti FV), certains sont destinés à l'industrie (APOS Photovoltaic Statlab, PV Cost Simulation Tool), certains sont développés pour la surveillance et le contrôle des systèmes installés (Meteocontrol, SPYCE) ou encore pour l'évaluation de site (ECOTECT, Shadow Analyzer, Shadows, GOSOL, METEONORM, Horizon, Sombrero) et finalement, il existe des outils disponibles en ligne, facilement accessibles à tous (Solardesigntool, PV Potential Estimation Utility, Logiciel CalSol, Panel Shading).

Certains de ces logiciels ne font appel qu'à un sous-domaine du solaire photovoltaïque comme les panneaux intégrés aux immeubles ou d'autres sont utiles seulement pour les systèmes connectés au réseau par exemple. Il existe maintenant tout un monde de logiciels. Il est donc important de définir ses besoins pour identifier facilement les logiciels utiles. De plus, plusieurs des logiciels faisant référence à l'énergie solaire photovoltaïque sont dans une seule langue (français, anglais, italien) et beaucoup sont d'origine allemande et en allemand uniquement, ce qui les rend plutôt inaccessible.[2].

2.1.2 Logiciels pour l'éolien

Comme pour le solaire photovoltaïque, il existe maintenant un bon nombre de logiciels pour les éoliennes. Certains logiciels sont pour l'analyse de fermes éoliennes (WindFarm, OpenWind, GH WindFarmer, WindSim), d'autres pour l'analyse des données de gisement éolien (Windographer,) ou simplement pour le design d'éolienne (Focus 6, GH Bladed) ou encore pour l'évaluation de sites (windNavigator). Il en existe aussi pour l'optimisation des systèmes HOMER, le calcul des coûts et autres données économiques RETScreen ou pour la surveillance des systèmes installés (suite de logiciels par ETAP) ou encore pour le design et la planification de projets éoliens dans leur ensemble (WindPro).[2]

2.1.3 Logiciels pour les énergies renouvelables

Il est intéressant de pouvoir comparer différents systèmes simples et des systèmes hybrides à l'aide d'un seul et même logiciel. De nombreux logiciels concernent les énergies renouvelables utilisées spécifiquement pour les bâtiments et les maisons et même plus précisément sur l'efficacité énergétique de ces bâtiments. Peu de logiciels traitent de la production d'énergie en intégrant plusieurs types d'énergie. En intégrant à la fois les outils de simulation et les outils de calculs des coûts, voici les quelques logiciels disponibles : In my backyard, EnergyPeriscope, Hybrid2, HOMER et RETScreen. Ces logiciels seront discutés dans une section ultérieure.[2].

2.2 Paramètres pour le choix des logiciels

Afin de choisir les logiciels, il est indispensable de définir les besoins, donc de déterminer les attentes minimales auxquelles le logiciel doit répondre. Les logiciels devront avoir ces paramètres afin d'être sélectionnés :

1- Langue : anglais ou français,

2- Accessibilité à tous,

- Prix : gratuit ou moins de 100 $ par licence,

- Facilement disponible : par Internet,

- Simplicité d'utilisation,

- Documentation en ligne

3- Plusieurs technologies disponibles : photovoltaïque, diesel et éolien,

4- Systèmes hors réseau

5- Simulation de systèmes dans plusieurs pays,

6- Évaluation des coûts,

7- Optimisation des systèmes.

2.2.1 Langue

Pour des raisons évidentes de compréhension, le logiciel doit être en français ou en anglais.

2.2.2 Accessibilité à tous

L'accessibilité à tous est un point important selon moi. Afin de promouvoir les énergies renouvelables, le public doit pouvoir les comprendre et utiliser des outils qui rendront faisables leurs projets. Il faut qu'ils soient à la fois assez performants pour les scientifiques et chercheurs et relativement simples pour que même les non initiés soient capables de les utiliser.

Il est donc primordial que le logiciel soit disponible pour le système d'exploitation Windows qui est majoritairement utilisé et qu'il ne requière pas des puissances de calculs excessives. D'emblée, la plupart des logiciels ont ces caractéristiques de base.

*** Prix**

Les pays industrialisés ont généralement beaucoup de financement pour la recherche, ce qui n'est pas le cas de tous les pays. Si un minimum de ressources financières est utilisé pour les logiciels, ce sont des ressources qui peuvent être dépensées ailleurs comme dans la réalisation de projets concrets. La gratuité ou le faible coût des logiciels (moins de 100 $ par licence, par exemple) rendent la recherche et la réalisation de projets accessibles à tous les pays et à toute la société. De plus, cela facilite aussi l'apprentissage des étudiants qui peuvent faire des projets scolaires plus appliqués, plus concrets sans même que leurs institutions déboursent des sommes

considérables, souvent plusieurs milliers de dollars par licence, pour des logiciels qui offrent des possibilités similaires. Dans le cas d'une étude macroscopique, si un logiciel peut obtenir des résultats similaires à la réalité à une fraction du prix, je considère que cette incertitude est tolérable.

*** Facilement disponible**

La disponibilité du logiciel sur Internet est un fort atout pour l'accessibilité à tous. Peu importe l'endroit dans le monde, dès qu'on a accès à une connexion Internet, le logiciel peut être téléchargé.

*** Simplicité d'utilisation**

La simplicité d'utilisation est importante puisqu'elle rend à la fois le logiciel accessible aux non- initiés et permet de gagner un temps non négligeable aux scientifiques et chercheurs qui n'ont pas à apprendre un langage de programmation pour l'utiliser et qui peuvent réaliser des simulations rapidement. De cette façon, on peut assurer une certaine pérennité des études faites puisqu'elles peuvent être réalisées par une majorité d'étudiants et de chercheurs.

*** Documentation disponible**

Bien entendu, la disponibilité de la documentation en ligne est essentielle. L'accessibilité à un tutoriel et à l'aide du logiciel est primordiale. Le tutoriel permet à tous de pouvoir utiliser le logiciel sans aucune formation préalable. L'aide du logiciel quant à elle permet d'obtenir des précisions sur les différentes données à fournir et le fonctionnement global du logiciel. La possibilité de retour et commentaires par le support technique sur les fichiers produits ou de l'assistance par Internet ou encore des fichiers d'exemple disponibles sont des atouts.

2.2.3 Plusieurs technologies disponibles

Vu le sujet de l'étude, le logiciel doit supporter au minimum la simulation pour la production des énergies suivantes : le solaire photovoltaïque, le diesel et l'éolien. Il doit aussi permettre la simulation de systèmes hybrides soit éolien-photovoltaïque, éolien-diesel, photovoltaïque-diesel et finalement éolien-photovoltaïque-diesel

2.2.4 Systèmes hors réseau

Beaucoup de logiciels supportent la simulation de systèmes connectés au réseau, mais peu d'entre eux permettent la simulation de systèmes hors réseau, qui est le sujet de cette étude.

2.2.5 Simulation de systèmes dans plusieurs site dans l'Algérie

Dans le cadre du présent projet, la simulation doit être faire une comparaisons, de sites plus d'ensoleillement (**Aoulef adrar**) avec de site faible d'ensoleillement (**ElTaref**) et de site plus gisement éolien (**Aoulef adrar**) avec de site faible gisement éolien (**Tlemcenen**)

2.2.6 Évaluation des coûts

La simulation doit pouvoir offrir une estimation des coûts du système. Cette évaluation pourra être validée par un second logiciel.

2.2.7 Optimisation des systèmes

L'optimisation des systèmes est très intéressante, surtout pour les systèmes hybrides puisque le logiciel offre des solutions plus performantes que ce que les calculs élémentaires offriraient. Malheureusement, ce paramètre n'est pas disponible pour tous les logiciels.

2.3 Logiciels choisis

Voici une brève discussion sur les logiciels concernant les énergies renouvelables (In my backyard, EnergyPeriscope, Hybrid2, HOMER et RETScreen).

In my backyard est développé par NREL (National Renewable Energy Laboratory) des États - Unis. Il permet un calcul sommaire des possibilités pour un petit projet éolien ou photovoltaïque pour son domicile. Il fait appel au logiciel PVWatts aussi développé par ce laboratoire. Il ne permet pas de faire des systèmes hybrides et a été développé pour les États-Unis principalement. Les paramètres sont détaillés dans le Tableau 2.1.

Tableau 2.1 Paramètres pour le choix des logiciels – In my backyard

Paramètres	**Oui / Non / En partie**	**Explications**
Langue	Oui	En anglais
Accessibilité à tous	Oui	Disponible en ligne
Plusieurs technologies disponibles	En partie	Systèmes hybrides non disponibles et pas de système diesel disponible
Systèmes hors réseau	Non spécifié	---
Simulation de systèmes dans plusieurs pays	En partie	Le logiciel est conçu pour les États-Unis, donc les calculs de coûts sont adaptés à cette réalité.
Évaluation des coûts	Oui	Analyse sommaire, on n'a pas accès à entrer des données spécifiques.
Optimisation des systèmes	Non	---

EnergyPeriscope (Tableau 2.2) est plutôt orienté pour les entreprises. Il est possible d'entrer des coûts de réelles soumissions et aide à optimiser les investissements faits. Pour avoir accès à ce logiciel, il y a des coûts mensuels à défrayer. Le logiciel fait appel aux algorithmes utilisés par PVWatts et RETScreen. Il est aussi lié avec les bases de données de la NASA et de TMY - Typical Meteorological Year pour les données de gisements solaires et éoliens

Tableau 2.2 Paramètres pour le choix des logiciels – EnergyPeriscope

Paramètres	**Oui / Non / En partie**	**Explications**
Langue	Oui	En anglais
Accessibilité à tous	Non	Coût : Frais mensuels Logiciel orienté pour les projets en entreprises.
Plusieurs technologies disponibles	En partie	Solaire photovoltaïque et éolien, disponibles diesel - non systèmes hybrides – non spécifié
Systèmes hors réseau	Non spécifié	---
Simulation de systèmes dans plusieurs pays	En partie	Canada et États-Unis, oui Autres pays, non spécifié
Évaluation des coûts	Oui	---
Optimisation des systèmes	Oui	Oui, mais en fonction de l'entreprise

Hybrid2 (Tableau 2.3) est à la fois développé par NREL et RERL (Renewable Energy Research Laboratory) de l'université du Massachussetts. Pour avoir accès à la version de démonstration, on doit faire une demande de mot de passe et on doit faire la demande, à l'un ou l'autre des laboratoires, pour obtenir la version complète.

Tableau 2.3 Paramètres pour le choix de logiciels – Hybrid2

Paramètres	**Oui / Non / En partie**	**Explications**
Langue	Oui	En anglais
Accessibilité à tous	En partie	Une demande doit être faite. Le téléchargement n'est pas directement disponible.
Plusieurs technologies disponibles	Oui	---
Systems hors réseau	Non spécifié	---
Simulation de systèmes dans plusieurs pays	Non spécifié	---
Évaluation des coûts	Oui	---
Optimisation des systèmes	Non spécifié	---

En explorant plus attentivement ces logiciels, on remarque qu'il ne reste que les logiciels HOMER (Tableau 2.4) et RETScreen (Tableau 2.5) qui répondent à la majorité des paramètres souhaités. RETScreen ne permet pas l'optimisation des systèmes, il offre plutôt une analyse détaillée des coûts. Le logiciel de base pour les simulations sera donc HOMER. RETScreen sera utilisé pour comparer les coûts. Ces logiciels sont aussi reconnus par beaucoup d'associations ou d'agences en énergie ainsi que de nombreux sites gouvernementaux. Ils sont aussi utilisés par des dizaines de milliers d'utilisateurs dans des centaines de pays.

Tableau 2.4 Paramètres pour le choix des logiciels – HOMER

Paramètres	**Oui / Non / En partie**	**Explications**
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, à partir de coordonnées (longitude et latitude)
Évaluation des coûts	Oui	---
Optimisation des systèmes	Oui	Il donne la meilleure solution parmi une sélection de systèmes.

Tableau 2.5 Paramètres pour le choix des logiciels – RETScreen

Paramètres	**Oui / Non / En partie**	**Explications**
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	Non	---

2.1.2 HOMER pro

- **Presentation:**

HOMER pro (Hybrid Optimisation Model for Electric Renewables) a été initialement développé en 1993 par le National Renewable Energy Laboratory pour les programmes d'électrification rurale. La version utilisée pour le présent projet est HOMER pro 3.11.2 sortie en 2016. Il est utilisé par 150 000 utilisateurs dans 193 pays. Il représente un standard mondial pour l'optimisation et la conception des micro-réseaux reliés ou non au réseau.

2.4.1 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. Voici, Figure 2.6, le modèle conceptuel de HOMER.

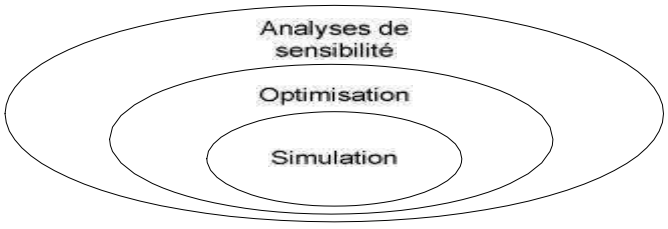


Figure 2.1 Modèle conceptuel de HOMER

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:

- panneaux solaires photovoltaïque,
- éoliennes,
- barrage hydroélectrique au fil de l'eau,
- biomasse.
- génératrices (diesel, essence, biogaz, combustibles alternatifs et combustibles personnalisés, co-alimentée),
- réseau électrique,
- 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.

2.4.2 Interfaces

Le logiciel HOMER est facile à utiliser et son interface est similaire aux logiciels usuels

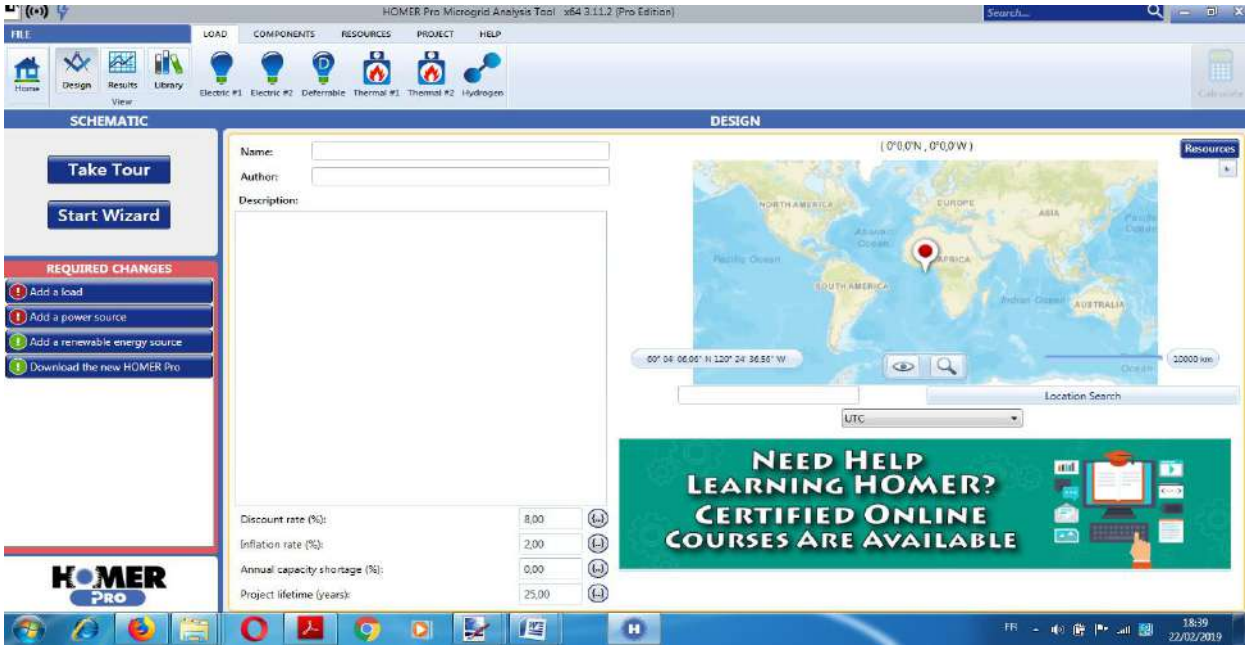


Figure2.2 Interface HOMER pro

Fonctionnement

HOMER pro permet de simuler, d'optimiser et aussi réaliser une analyse de sensibilité pour les SERs. Il est utile aussi bien pour les centrales électriques villageoises, les camps, les chalets, les bases militaires que pour les habitats individuelles, reliés ou non au réseau.

Dans un premier temps, HOMER peut **simuler** le fonctionnement d'un ou plusieurs systèmes à la fois. Pour chaque configuration, Il établit le bilan énergétique avec un pas allant d'une minute à une heure pour une période d'une année. Ainsi, pour chaque pas, HOMER compare la demande d'électricité et de chaleur dans cet intervalle de temps à l'énergie que le système peut fournir. C'est ainsi qu'il détermine la faisabilité technique du système. Aussi, suivant les données techniques et de coût de chaque composant du système, HOMER calcul le rendement énergétique, le cout du système et le % d'émission de gaz à effet de serre pour chaque configuration

Dans un deuxième temps, HOMER **optimise** le(s) système(s) déjà simulé(s). En effet, selon les critères que nous définissons, il trie et filtre les systèmes, déjà simulé, de sorte à ce que nous

pouvons voir les meilleurs ajustements possibles. Par défaut, il trie les systèmes en fonction du coût actuels net du système (CPN).

En dernier temps, HOMER peut modéliser l'impact des variables qui sont hors de contrôle, tel que le vent, la vitesse, les coûts de carburant… etc., et de voir comment le système optimal change avec ces variations : C'est l'analyse de sensibilité.

*Les Étapes HOMER pro

Pour le fonctionnement de Homer, les utilisateurs doivent suivre les étapes suivantes

1- Définir le projet : *(Onglet Home)*

À la première ouverture du logiciel, un environnement pour définir le projet s'offre à nous. Il sert à entrer le nom du projet, l'auteur, une description sommaire du projet et la localisation du projet. Cette dernière servira à télécharger les données des ressources (vent et rayonnement solaire).

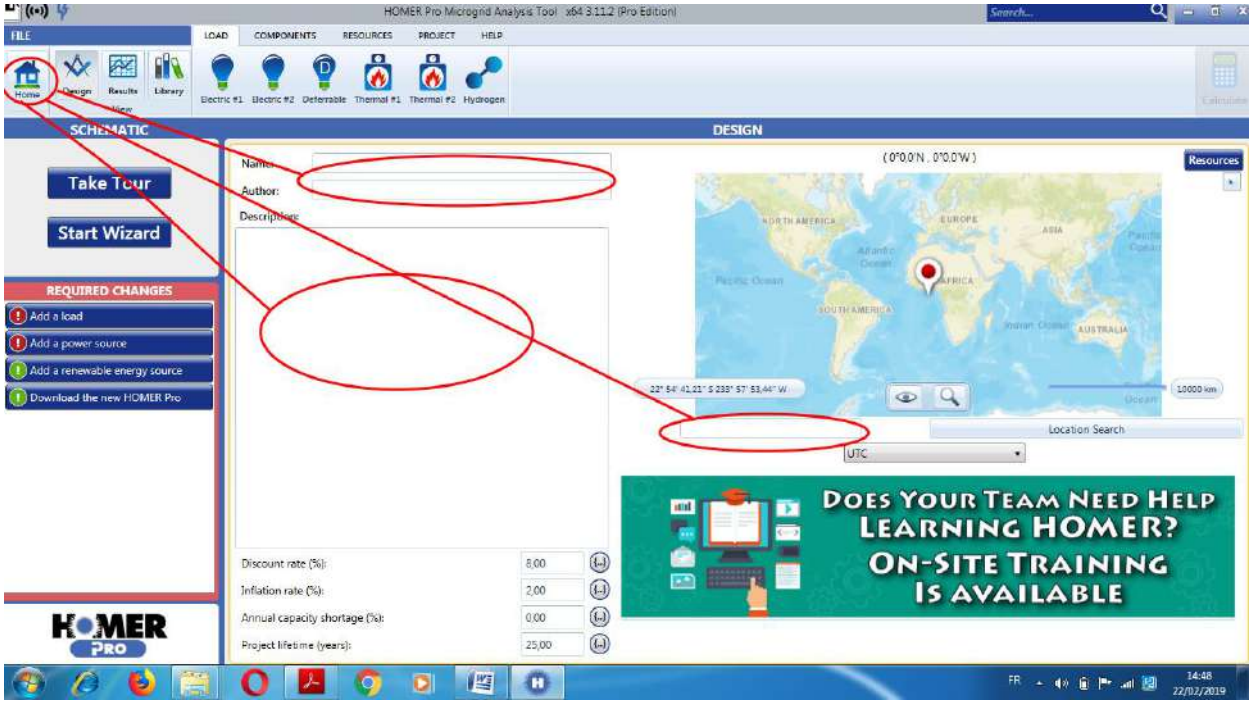


Figure 2.3. Interface HOMER – définition du projet

2- Conception du système *(Onglet Design)*

2-1- Entrer la charge : Sous *le menu Load* nous pouvons définir les charges à supporter par le système. Nous devons ajouter le profil de la charge au modèle, modifier les spécifications de chargement après l'ajout de la charge au modèle et spécifier le type de la charge (primaire, thermique, secondaire ou d'hydrogène)



Figure 2.4 Interface HOMER – type de charge

2-2- Choisir les composantes : en utilisant le menu component, nous pouvons choisir tous les composants que nous voulons considérer dans notre système



Figure 2.5 Interface HOMER – sélection des équipements

D'alimentation. HOMER offre un nombre considérable de composants à savoir générateur, PV, éolienne, différents dispositifs de stockages, convertisseur, hydro, reformer, électrolyseur, réservoir d'hydrogène, hydro cinétique, réseau et contrôleur de charge thermique. D'autres modules concernant l'énergie biomasse sont aussi disponibles via l'ajout d'un module supplémentaire du logiciel. Lors du choix des composants, il est un important de sélectionner tous les composants des différents systèmes que nous voulons considérer et d'entrer les spécifications techniques et les différents coûts pour chaque composant

2-3- Entrer le détail des ressources: HOMER défini une ressource comme étant tout ce qui provient de l'extérieur du système. Chaque ressource est liée à un composant (exemple les données de vent pour l'éolienne). **Le menu Ressources** permet d'introduire les données de la ressource. Ces dernières peuvent être importées à partir des bases de données de HOMER suivant la localisation du projet. Ils peuvent être téléchargé à partir d'un fichier ou entrer directement.



Figure 2.6 Interface HOMER – les ressources

2-4- Entrer les données relatives à l'aspect économique, le système de contrôle, les émissions et les contraintes du projet. Ces données peuvent être spécifiées sous *le menu Project.* Ces données sont :

- Les données économiques concernent le taux d'intérêt réel annuel, la durée de vie du projet, le coût de la charge non satisfaite, le coût du capital fixe du système, le coût fixe du fonctionnement et de l'entretien du système (O & M), la taxe sur le carbone.

- Les données du Contrôle du système : concernent principalement la stratégie d'expédition (charge suivante, cycle de charge), qui détermine comment le ou les générateurs chargent le banc de batterie.

- Les contraintes s'associent à la réserve d'exploitation, la capacité maximale de stockage annuelle, fraction minime de l'énergie renouvelable que le système devrait satisfaire.
- Les données sur les émissions permettent de spécifier la pénalité associée à un polluant, ou la limite acceptable aux émissions des polluants.

Dans le même onglet, nous pouvons entrer les valeurs de chaque variable qui serviront à l'optimisation du système ou définir certains systèmes que nous voulons exclure de l'optimisation.



Figure2 .7 Interface HOMER –choix d'autre données

3- Analyser les résultats de la simulation (Onglet *Result View*)

Il s'agit de faire une analyse des coûts, du flux de trésorerie, de la consommation et la production de l'électricité du système, des émissions, des détails d'opération pour chaque composant, du

carburant, du stockage et du réseau de chaque système simulé. Les différentes analyses se font en se basant sur les différents rapports, tables et graphes que Homer met à la disposition de l'utilisateur.

4- Analyser les résultats de L'optimisation (Onglet *Result View*)

Les résultats de l'optimisation peuvent être affichés sous forme de tableau ou de graphe. En effet après la simulation, Homer répertorie dans le tableau des simulations tous les systèmes réalisables. Par défaut, il les trie selon la plus grande valeur actuelle nette.

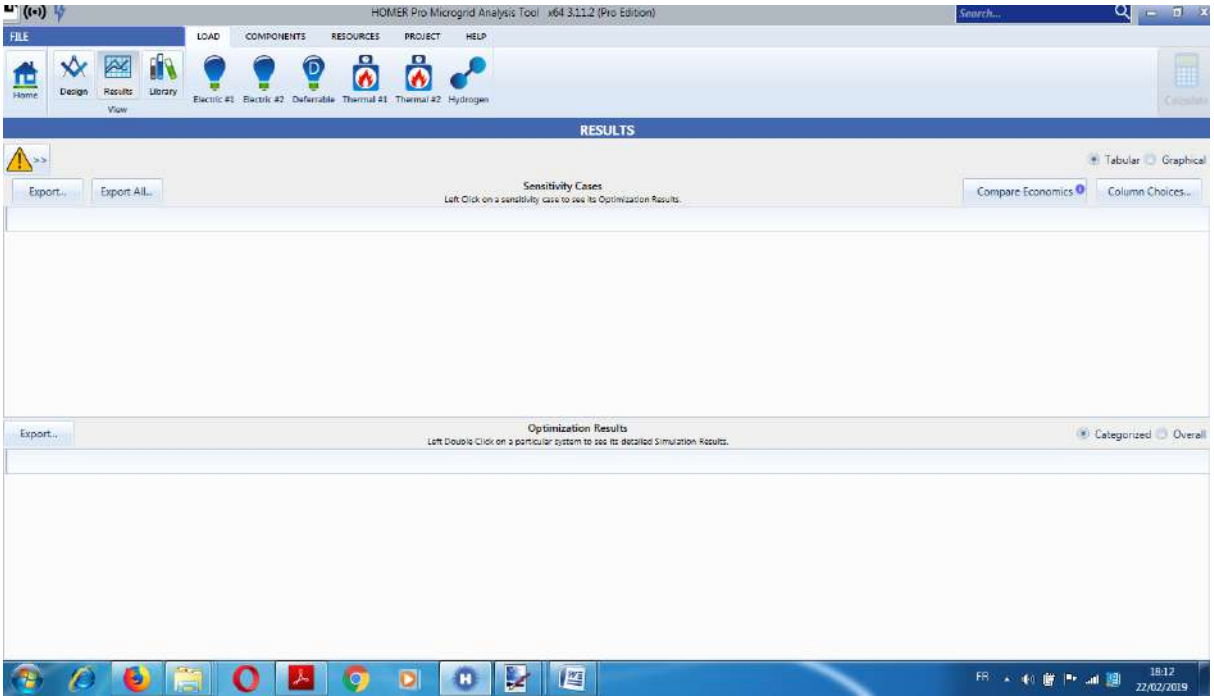


Figure2 .8 Interface HOMER – fenêtre Résultats des calculs

5- Réaliser l'analyse de sensibilité

▪Les critères considérés par HOMER :

Lors des résultats de simulations, Homer calcul différents critères. Ces critères sont tous à caractère quantitatif et permettent de comparer un système à un autre.

Nous pouvons les classés en trois catégories :

- Architecture : Indique la présence de chaque type de composant considéré et leur taille.
- Coût : Nous y trouvons différents critères relatifs au coût global du système, le coût actuel net, le coût d'opération, le capital initial, le coût du carburant, le coût d'opérations et de maintenance…etc. Les coûts sont généralement exprimés en devise, prédéfinie lors de la définition du projet.

- Système : nous y trouvons des critères techniques tels que la fraction du renouvelable (%), le carburant utilisé (L), la capacité de stockage (% ou kWh/an), la production électrique (kWh/an), l'excès en production (% ou kWh/an), la charge non satisfaite (% ou kWh/an), les différentes émissions nuisible (kg/an), la valeur maximale annuelle de la pénétration du renouvelable (%)…etc.

En spécifiant un système de base, HOMER peut faire la comparaison économique des systèmes selon les critères comme: le taux de rendement interne (%), la période de retour d'investissement (an), la période de retour d'investissement actualisé (an), la valeur actuelle du système ($) …etc.

2.1.3 RETScreen

▪ Présentation

RETScreen est un progiciel destiné aux énergies propres, élaboré par le gouvernement du Canada en 1999. À l'aide d'une approche standardisée et simple, RETScreen, permet aux décideurs d'analyser la faisabilité technique et financière des projets d'efficacité énergétique, d'énergies renouvelables et de cogénération ainsi que d'analyser la performance énergétique en continu. En outre, RETScreen est aussi un outil de sensibilisation qui fournit et diffuse de l'information utile à propos des technologies d'énergies propres. Cet logiciel a aussi été conçu pour servir n'importe quel pays. La version utilisée pour le présent projet est RETScreen 4 sortie en 2012.

2.1.3 Interfaces

Un grand avantage de RETScreen est son interface commune et déjà bien connue de tous. Ce logiciel est en fait des feuilles de calculs sophistiquées qui s'ouvrent dans Excel comme montré à la section 1 de la Figure 2.8

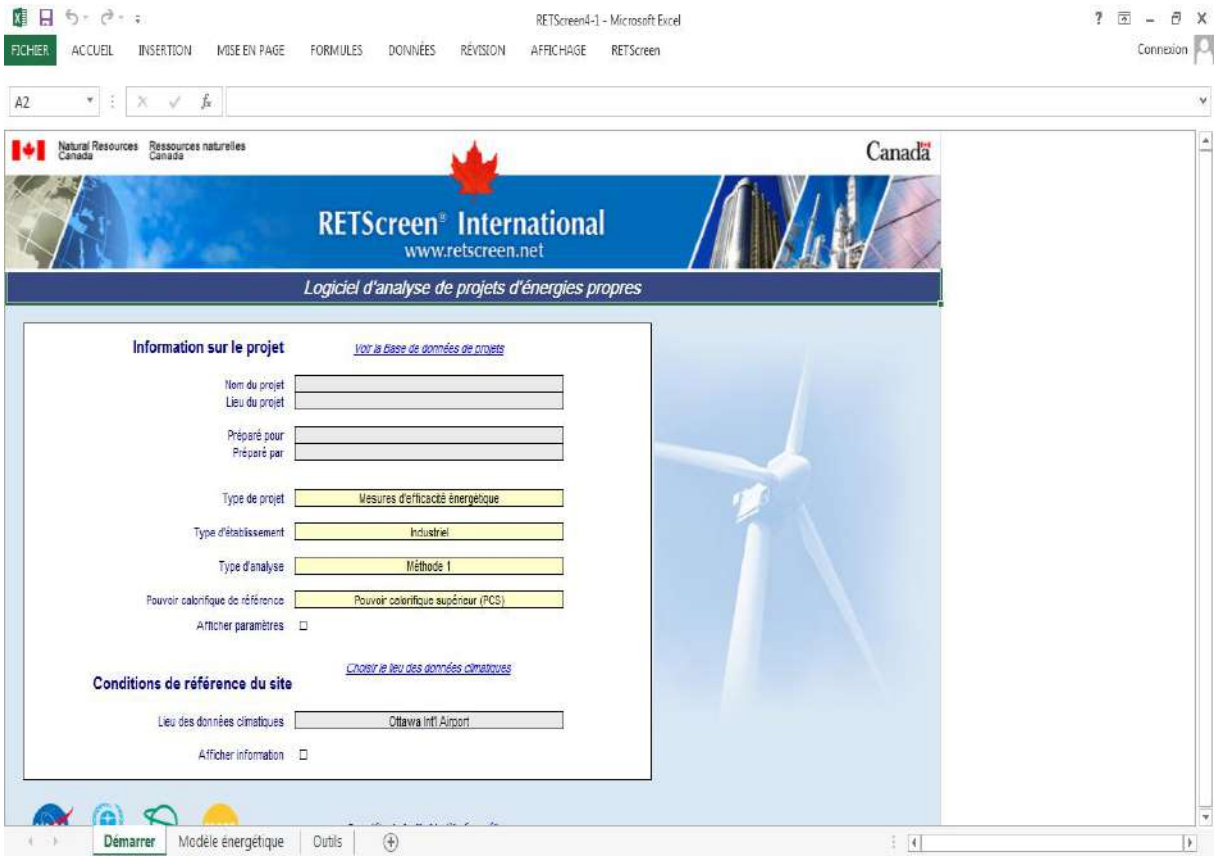


Figure2 .9 Interface RETScreen 4

▪ Étapes de RETSREEN

1- Choisir le lieu des données climatiques et déterminer le lieu de l'installation : *feuille démarrer*

En choisissant le lieu des données climatiques, le logiciel télécharge, à partir des données en ligne, les différents paramètres climatiques mensuels du lieu sur une période annuel. Ces données sont: la température de l'air, l'humidité relative, les précipitations, le rayonnement solaire quotidien horizontale, la pression atmosphérique, la vitesse du vent, la température du sol, le degrés-jours de chauffage sous 18 °C, degrés-jours mensuels de climatisation au-dessus de 10 °C. Il enregistre aussi la position géographique du lieu à savoir son latitude, sa longitude, la température extérieure de calcul de chauffage et de climatisation et l'amplitude des températures du sol. RETScreen demande aussi de spécifier la zone climatique.

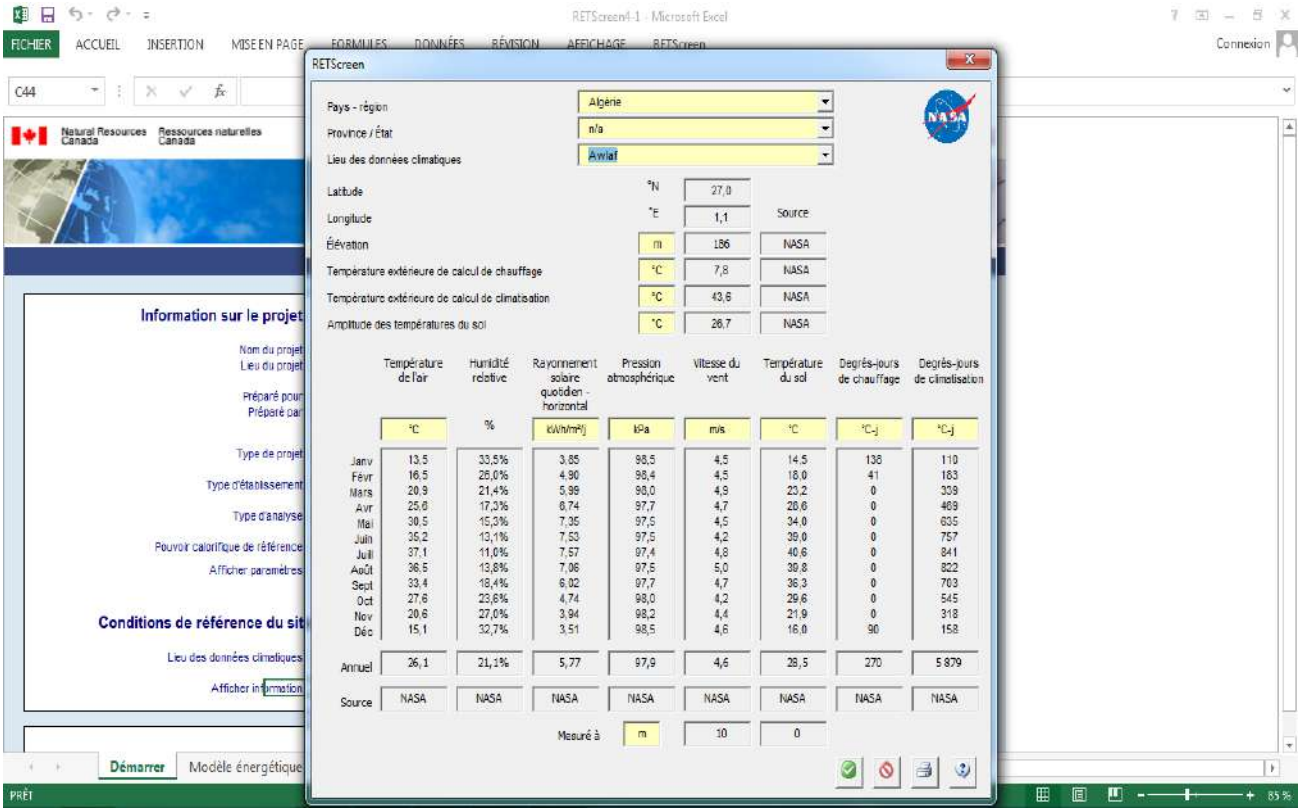


Figure2 .10 Interface RETScreen -choix de lieu

2- Enter les renseignements généraux de l'installation à étudier, ainsi que le système avec lequel nous souhaitons comparer notre installation s'il y a lieu : *feuille Installation*

Les renseignements généraux de l'installation servent à définir le projet. Ceci demande d'introduire les éléments ci-dessous :

- Le type de l'installation (centrale électrique, industriel, commercial / institutionnel, résidentiel, agricole ou autre défini par l'utilisateur
- Le type du projet (type de technologie, de bâtiment, de procédé, d'usine ou autre)

- Une description du projet

- L'organisme et l'utilisateur responsable de l'étude sur le projet

- Le nom de l'installation et l'adresse du projet.

3- (Feuillet de calcul énergie) simuler la consommation et/ou la production d'énergie de divers types d'installations, y compris des systèmes et mesures individuels.

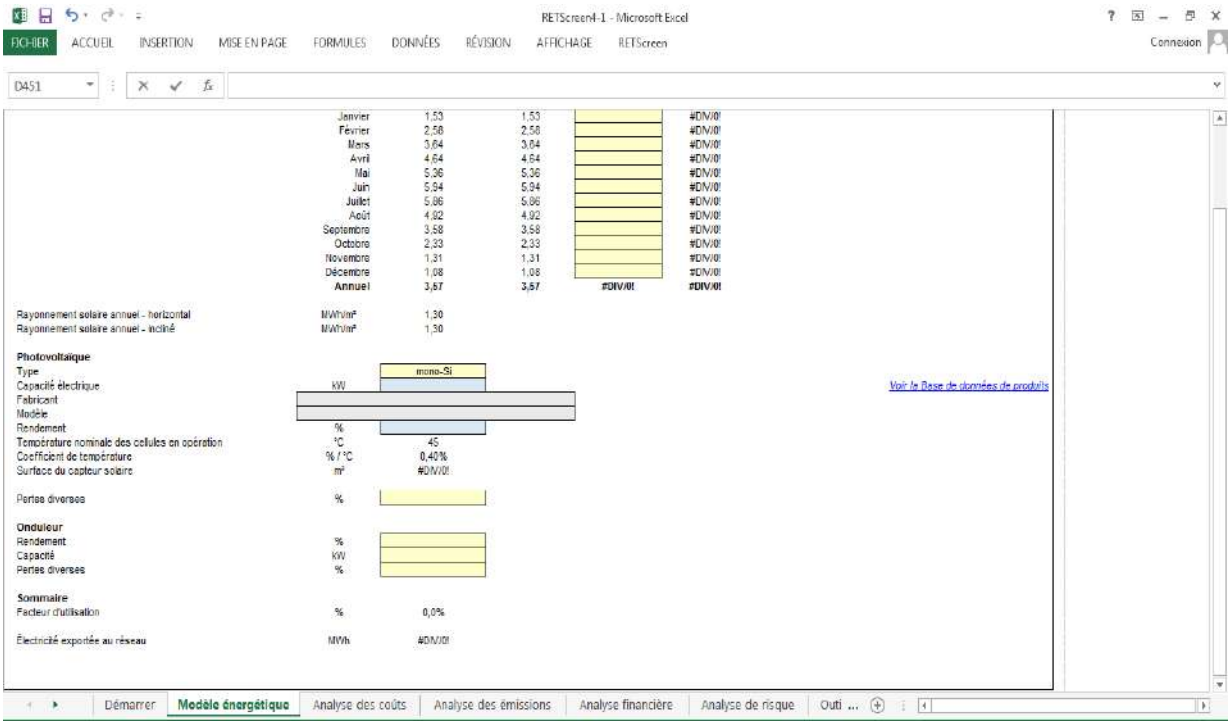


Figure2.11. (Feuillet des coûts)

aide l'utilisateur à estimer les coûts (et les crédits) relatifs au cas proposé, il considère les coûts d'investissement initiaux et les frais annuels récurrents.

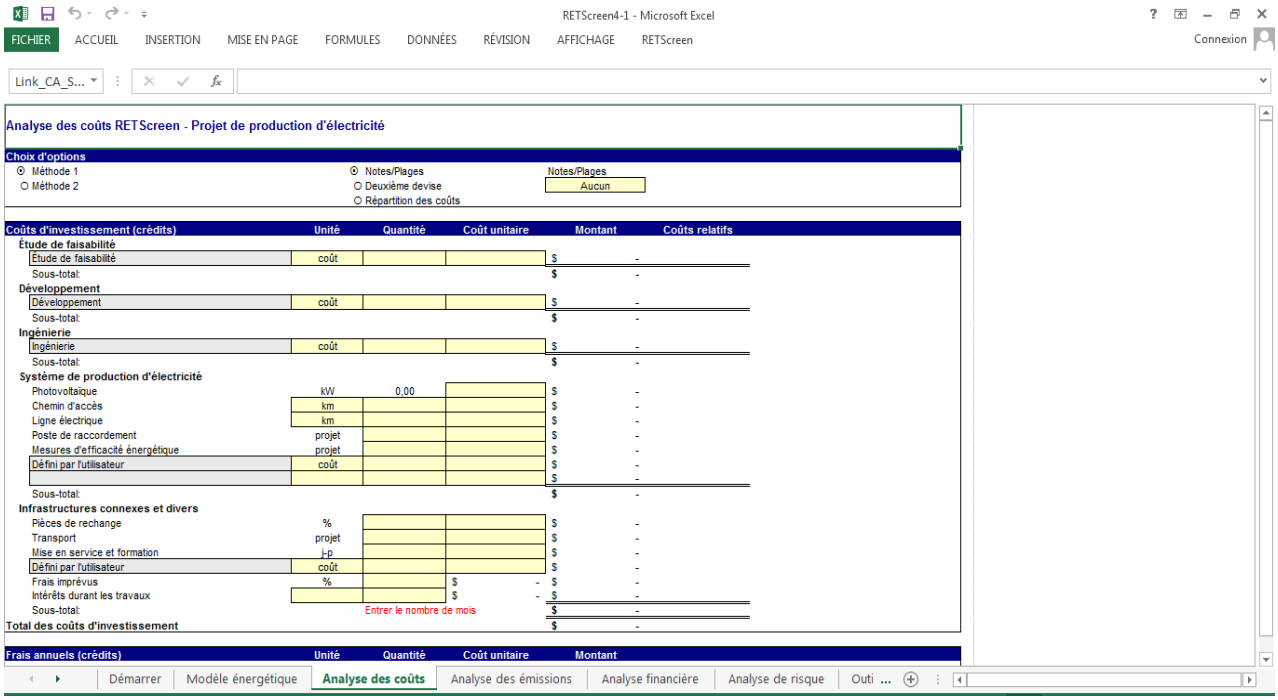


Figure2.12. (Feuillet Analyse financière)

grâce aux données d'entrée des paramètres financiers (taux d'actualisation, ratio d'endettement, etc.) et aux données résultants de l'analyse de viabilité financière (taux de Rendement Interne (TRI), retour simple, valeur actualisée nette (VAN), etc.), la feuille de calcul, Analyse financière, offre aux décideurs les paramètres financiers utiles à leur analyse.

Critères évalués par RETScreen

RETScreen fait son évaluation suivant différents critères quantitatifs, nous en citons :
La capacité électrique total (kW), la quantité totale d'électricité produite (kWh/J/tBu), le coût d'investissement des technologies ($), le revenu d'exportation d'électricité ($), le coût du combustible ($), le coût d'exploitation et entretien (économie) ($), le retour simple (an), l'énergie renouvelable fournie(%), la réduction nette des émissions de gaz à effet de serre(kg/an), le total des coûts initiaux ($), les incitatifs / subventions ($), le total des économies annuelles ($), le flux de trésorerie annuel avant et après impôt ($), le taux de rentabilité interne, la valeur actualisée nette($), le taux de récupération simple (an), l' indice de rentabilité.

2.3.2 Résultats pouvant être obtenus

Les résultats obtenus par RETScreen sont une analyse financière et une analyse des émissions. Dans l'analyse financière, le graphique des flux monétaires cumulatifs est très intéressant et très visuel.

2.4 Conclusion

Dans ce chapitre en présente les différents logiciels pour dimensionnement de énergie renouvelable et les critères pour choisie logiciel (HOMER . RETSCREEN) et les avantages des logiciels .

CHAPITRE 3

MÉTHODOLOGIE

3.1 Introduction

Dans ce chapitre en présente la méthodologie de projet et la stratégie pour l'étude des différents systèmes de l'énergie renouvelable et une méthodologie d'optimisation de dimensionnement des systèmes hybrides

3.1.1 Démarche générale du projet

La démarche générale pour effectuer le projet est définie dans la Figure 3.1.

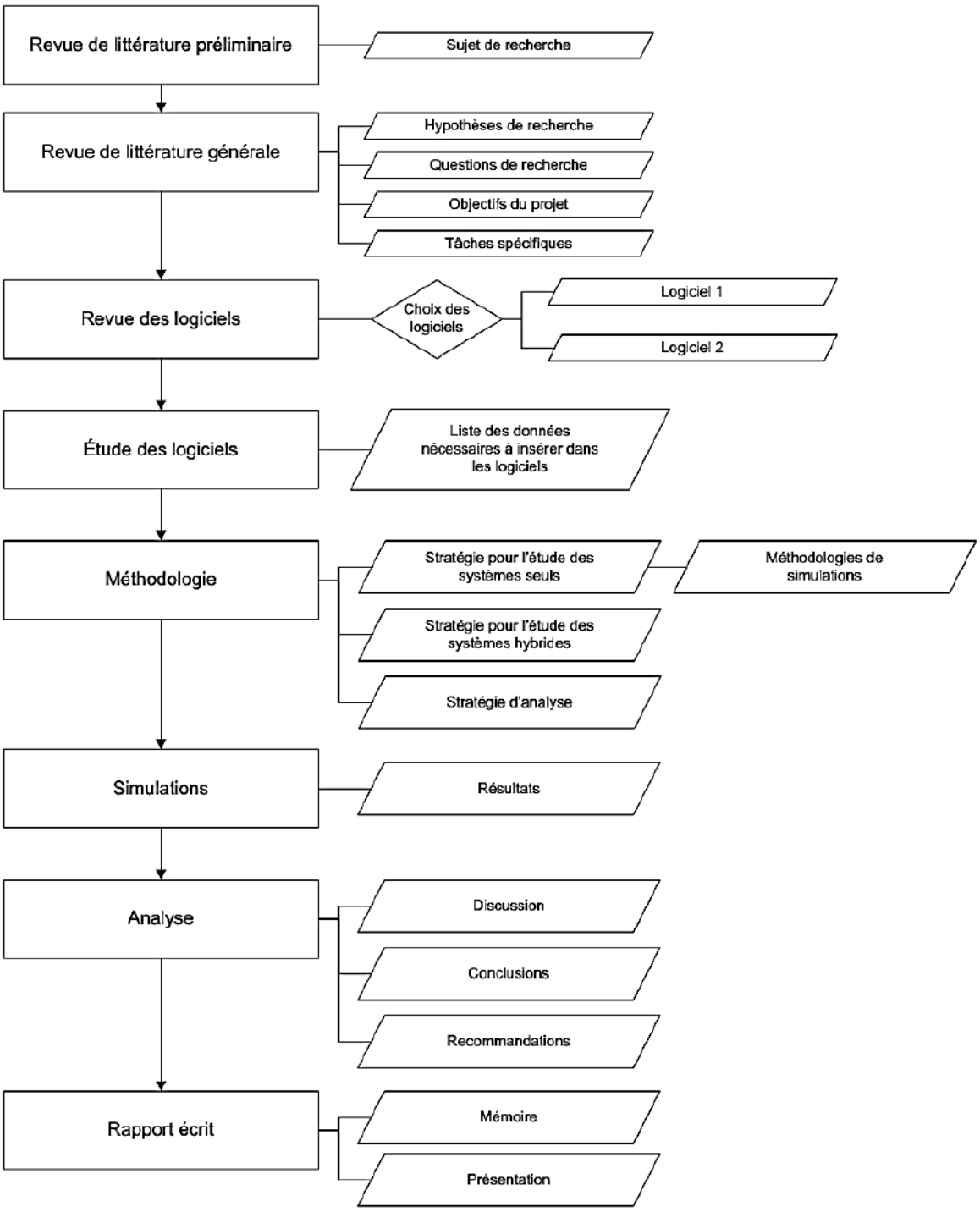


Figure 3.1 Démarche générale du projet

Tout d'abord, une revue de littérature préliminaire est effectuée afin de déterminer le sujet précis du projet. Par la suite, la revue de littérature générale a permis de déterminer les hypothèses de recherche, les questions de recherche, les objectifs du projet et les tâches spécifiques nécessaires. Une revue des logiciels est faite pour aider à mieux choisir les logiciels à utiliser. Une fois sélectionnés, les logiciels doivent être étudiés et utilisés afin de préciser les données nécessaires à insérer dans le logiciel pour obtenir des résultats probants. La méthodologie comprend la stratégie pour l'étude des systèmes seuls, celle pour l'étude des systèmes hybrides et la stratégie d'analyse. Des méthodologies de simulations sont aussi déterminées qui sont une extension faisant partie de la stratégie pour l'étude des systèmes hybrides. Ensuite, les simulations sont faites pour parvenir aux résultats utilisés pour l'analyse qui amène à une discussion, des conclusions et des recommandations. Finalement, le tout est consigné dans ce mémoire et une présentation est effectuée pour des fins de diffusion.[2]

3.2 Stratégie pour l'étude des systèmes seuls

Les données nécessaires pour l'étude sont identifiées et une recherche documentaire pour trouver les données manquantes est effectuée. Le dimensionnement manuel est ensuite réalisé. L'étude des systèmes seuls (éolien, diésel et photovoltaïque) est faite sur chacun des logiciels HOMER et RETScreen. Tout d'abord, certaines validations sont faites: validation des données d'ensoleillement entre HOMER et RETScreen, validation des simulations sur HOMER . Une dernière validation est envisagée, celle avec les fichiers disponibles dans HOMER ou RETScreen. Par la suite, les systèmes seuls sont comparés entre eux.[2]

3.3 Stratégie pour l'étude des systèmes hybrides

Une fois les simulations validées avec les systèmes seuls, les données sont utilisées pour les systèmes hybrides. En suit, les différentes combinaisons de scénarios sont étudiées et comparées. Parmi ces scénarios, on considère la comparaison avec la situation connectée au réseau

3.4 Méthodologies spécifiques aux simulations

Une démarche pour le dimensionnement est définie conjointement avec une démarche pour les simulations sur HOMER pour les systèmes simples. Des démarches ont été élaborées pour les systèmes photovoltaïque, éolien et diésel seuls. Elles ont été développées pour le logiciel HOMER, mais les principes de dimensionnement sont les mêmes, peu importe le logiciel.

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 pour le 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 de 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.

3.4.1 Méthodologie pour le système photovoltaïque

Pour effectuer le dimensionnement avec le logiciel HOMER, on peut simplement entrer une série de données et le logiciel donne la solution optimale parmi les données soumises. Ce n'est cependant pas nécessairement la solution optimale absolue, mais plutôt la solution optimale parmi les choix soumis. Avec une méthode itérative, on pourrait arriver à la solution optimale pour un lieu donné, mais le processus peut s'avérer

long si on n'a pas d'ordre de grandeur de la taille du système. De plus, on n'a aucune base de comparaison pour évaluer la justesse des résultats si on ne fait aucun calcul préalable.

Je préconise donc un dimensionnement préalable à la main, principalement basé sur la méthode décrite dans de tout le système photovoltaïque ; c'est-à-dire le dimensionnement des panneaux solaires et de tout l'équipement associé (batteries, convertisseur, onduleur, etc.). J'ai donc établi une méthodologie afin d'arriver à des résultats concluants en utilisant des calculs manuels et le logiciel HOMER.[4]

3.4.2 Démarche globale pour le photovoltaïque

La démarche globale est logique et élémentaire :

1. Évaluer de la demande énergétique (consommation d'énergie);
2. Pré-dimensionner à la main des panneaux et des équipements;
3. Identifier les équipements nécessaires pour le 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. des équipements (prix des équipements et coût d'opération et d'entretien);

5. Lancer le calcul dans HOMER;
6. Optimiser les résultats de HOMER de façon itérative pour arriver à la solution optimale pour ce système.

L'utilisation du logiciel HOMER est simple et intuitive, mais un travail de recherche en amont doit être fait minutieusement et rigoureusement pour les données entrées, surtout au niveau des coûts des équipements. Si ce travail n'est pas effectué correctement et sérieusement, les résultats obtenus ne représenteront pas un système fonctionnel réel ou du moins plausible[2].

3.4.3 Évaluer de la demande énergétique

Les données de consommation doivent préférablement être évaluées. Le tableau 3.1, un tableau classique pour déterminer la consommation journalière d'une famille ou d'une maison, permet de lister les appareils utilisés (RNCREQ, 2009). Par la suite, on indique la tension, la puissance et le temps d'utilisation par jour des appareils. Une fois ce travail complété, il est possible de faire le total de la consommation de chaque appareil en Wh/j (puissance * temps d'utilisation). Pour le cas des tensions C.A., il faut tenir compte des pertes dues à l'onduleur.

Tableau 3.1: Évaluation de la demande énergétique journalière(pv)

Nom de l'appareil électrique	Tension C.A. ou C.C.	Puissance Watt	Rendement onduleur pour C.A.	Puissance Watt, avec pertes	Utilisation heures /jour	Total en Wh/j

Lorsque le tableau est complété, on peut sommer la dernière colonne pour obtenir la demande énergétique globale pour une journée en Wh/j. Si des données sont disponibles d'heure en heure ou par jour, il est possible de les utiliser directement dans le logiciel HOMER.[4]

3.4.4 Méthodologie pour système Éolie

Pour effectuer le dimensionnement avec le logiciel HOMER, on peut simplement entrer une série de données et le logiciel donne la solution optimale parmi les données soumises. Ce n'est cependant pas nécessairement la solution optimale absolue, mais plutôt la solution optimale eparmi les choix soumis. Avec une méthode itérative, on pourrait arriver à la solution optimale pour un lieu donné, mais le processus peut s'avérer long si on n'a pas d'ordre de grandeur de la taille du système. De plus, on n'a aucune base de comparaison pour évaluer la justesse des résultats si on ne fait aucun calcul préalable.

Je préconise donc un dimensionnement préalable à la main de tout le système éolien ; c'est-à-dire le dimensionnement de la puissance des éoliennes et de tout l'équipement

associé (batteries, convertisseur, onduleur, etc.). J'ai donc établi une méthodologie afin d'arriver à des résultats concluants en utilisant des calculs manuels et le logiciel HOMER.[4]

3.4.5 Démarche globale pour l'éolien

La démarche globale est logique et élémentaire :

1. Évaluer de la demande énergétique (consommation d'énergie);
2. Pré-dimensionner à la main des panneaux et des équipements;
3. Identifier les équipements nécessaires pour le système (éoliennes, convertisseur, batteries…) dans le logiciel HOMER;
4. Entrer les données nécessaires dans le logiciel :

d. de consommation énergétique;

e. de gisement éolien pour le lieu désiré;

f. des équipements (prix des équipements et coût d'opération et d'entretien);

5. Lancer le calcul dans HOMER;
6. Optimiser les résultats de 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.

L'utilisation du logiciel HOMER est simple et intuitive, mais un travail de recherche en amont doit être fait minutieusement et rigoureusement pour les données entrées, surtout au niveau des coûts des équipements. Si ce travail n'est pas effectué correctement et sérieusement, les résultats obtenus ne représenteront pas un système fonctionnel réel ou du moins plausible.

3.4.6 Évaluer de la demande énergétique

Les données de consommation doivent préférablement être évaluées. Le tableau 3.2, un tableau classique pour déterminer la consommation journalière d'une famille ou d'une maison, permet de lister les appareils utilisés (RNCREQ, 2009). Par la suite, on indique la tension, la puissance et le temps d'utilisation par jour des appareils. Une fois ce travail complété, il est possible de faire le total de la consommation de chaque appareil en Wh/j

(puissance * temps d'utilisation). Pour le cas des tensions C.A., il faut tenir compte des pertes dues à l'onduleur.[4]

Tableau 3. 2 : Évaluation de la demande énergétique journalière(éolien)

Nom de l'appareil électrique	Tension C.A. ou C.C.	Puissance Watt	Rendement onduleur pour C.A.	Puissance Watt, avec pertes	Utilisation heures /jour	Total en Wh/j

Lorsque le tableau est complété, on peut sommer la dernière colonne pour obtenir la demande énergétique globale pour une journée en Wh/j. Si des données sont disponibles d'heure en heure ou par jour, il est possible de les utiliser directement dans le logiciel HOMER.

3.4.7 Métrologie pour le système diésel

Pour effectuer le dimensionnement avec le logiciel HOMER, on peut simplement entrer une série de données et le logiciel donne la solution optimale parmi les données soumises. Ce n'est cependant pas nécessairement la solution optimale absolue, mais plutôt la solution optimale parmi les choix soumis. Avec une méthode itérative, on pourrait arriver à la solution optimale pour un lieu donné, mais le processus peut s'avérer long si on n'a pas d'ordre de grandeur de la taille du système. De plus, on n'a aucune base de comparaison pour évaluer la justesse des résultats si on ne fait aucun calcul préalable.

Je préconise donc un dimensionnement préalable à la main. J'ai donc étab li une méthodologie afin d'arriver à des résultats concluants en utilisant des calculs manuels et le logiciel HOMER.[2]

3.4.8 Démarche globale pour le diesel

La démarche globale est logique et élémentaire :

9. Évaluer de la demande énergétique (consommation d'énergie);
10. Pré-dimensionner à la main des panneaux et des équipements;

11. Identifier les équipements nécessaires pour le système (génératrice, type de combustible: Diesel) dans le logiciel HOMER;
12. Entrer les données nécessaires dans le logiciel :

g. de consommation énergétique;
h. de gisement solaire pour le lieu désiré;
i. des équipements (prix des équipements et coût d'opération et d'entretien);

13. Lancer le calcul dans HOMER;
14. Optimiser les résultats de HOMER de façon itérative pour arriver à la solution optimale pour ce système;

15. Faire des analyses de sensibilité, si nécessaire;
16. Valider le système.

L'utilisation du logiciel HOMER est simple et intuitive, mais un travail de recherche en amont doit être fait minutieusement et rigoureusement pour les données entrées, surtout au niveau des coûts des équipements. Si ce travail n'est pas effectué correctement et sérieusement, les résultats obtenus ne représenteront pas un système fonctionnel réel ou du moins plausible.[2].

3.4.9Évaluer de la demande énergétique

Les données de consommation doivent préférablement être évaluées. Le tableau 1.3, un tableau classique pour déterminer la consommation journalière d'une famille ou d'une maison, permet de lister les appareils utilisés. Par la suite, on indique la tension, la puissance et le temps d'utilisation par jour des appareils. Une fois ce travail complété, il est possible de faire le total de la consommation de chaque appareil en Wh/j (puissance * temps d'utilisation). Pour le cas des tensions C.A., il faut tenir compte des pertes dues à l'onduleur.

Tableau 3.3 : Évaluation de la demande énergétique journalière (Diesel)

Nom de l'appareil électrique	Tension C.A. ou C.C.	Puissance Watt	Rendement onduleur pour C.A.	Puissance Watt, avec pertes	Utilisation heures /jour	Total en Wh/j

Lorsque le tableau est complété, on peut sommer la dernière colonne pour obtenir la demande énergétique globale pour une journée en Wh/j. Si des données sont disponibles d'heure en heure ou par jour, il est possible de les utiliser directement dans le logiciel HOMER.

Cependant, pour dimensionner une génératrice, des informations supplémentaires sont nécessaires. Ces informations sont indiquées dans le tableau 3.4

Tableau 3.4 : Évaluation de la puissance des appareils

Nom de l'appareil électrique	Quantité de cet appareil	Puissance de fonctionnement Watt	Puissance de démarrage Watt	Puissance totale pour ce type d'appareil Watt

Pour des appareils de type résistif, la puissance de fonctionnement est la même que celle de démarrage. Pour des appareils de type réactif, on tient compte pour le calcul de la puissance de démarrage. La puissance totale est donc, pour un appareil résistif, la puissance de l'appareil multipliée par la quantité de cet appareil. Pour un appareil réactif, la puissance totale sera la puissance au démarrage de cet appareil multipliée par la quantité de cet appareil. Si tous les équipements fonctionnent simultanément, les éléments de la colonne de puissance totale doivent être additionnés.

3.5 Résultats à analyser

Les résultats qui seront analysés sont les données de dimensionnement pour les panneaux solaires, les éoliennes, la génératrice diésel et pour l'onduleur pour les différents systèmes . Ensuite, les coûts d'opération (les annuités), le coût total à sa valeur actuelle du système ainsi que le coût de l'énergie en DZ/kWh et le pourcentage d'excès d'énergie seront analysés. Différentes analyses de sensibilité sur les coûts seront aussi détaillées

1.6 Conclusion

Ce chapitre a permis de présenter les principales hypothèses et les principales étapes nécessaires et la stratégie pour l'étude et simuler des systèmes seuls et hybride et le choix des logiciels .

CHAPITRE 4

PRESENTATION DES DONNEES ET VALIDATION D'EFFET DU GISEMENT SUR LA CONSOMMATION

CHAPITRE 4: PRESENTATION DES DONNEES ET VALIDATION D'EFFET DU GISEMENT SUR LA CONSOMMATION

4.1 Introduction

L'étude de dimensionnement est toujours confrontée par deux critères essentiels qui sont le gisement solaire, le gisement éolien et la demande de l'énergie.

4.1.1 Présentation des données utilisées

4.1.2 Demande énergétique globale d'une résidence à Aoulef (Adrar)

Adrar est doté d'un fort potentiel de rayonnement solaire, et la région est caractérisée par une saison d'été très chaud (juin-septembre) avec une température moyenne mensuelle qui dépasse les 36°C .

Du même pour le gisement éolien, considérable avec une vitesse moyenne annuelle du vent de l'ordre de 5,9 m/s pour une hauteur de 10 mètres (données par O.N.M) [8].

Celons les chiffres publiés par la sonelgaz, la moyenne annuelle de la consommation par habitant en base tension s'élève à 1380 KWh/an dans les régions du nord du pays et à 6700 KWh/an au sud .

Dans notre projet nous avons estimé la consommation moyenne d'une maison à Aoulef la wilaya d'Adrar au sud d'Algérie avec une consommation moyenne de 19.75 kWh/j.

La (Figure4.1) représente le profil de consommation journalière par mois, tous les jours de l'année sont représentés. On remarque bien que les mois de l'hiver (décembre, janvier et février) sont les mois nécessitant une demande énergétique moins élevée. Au contraire, les mois d'été (juin, juillet, et Août) montrent une forte consommation d'énergie. Une représentation de la consommation journalière moyenne (19,75) par mois est affichée à la Figure 4.1 et Figure4.2

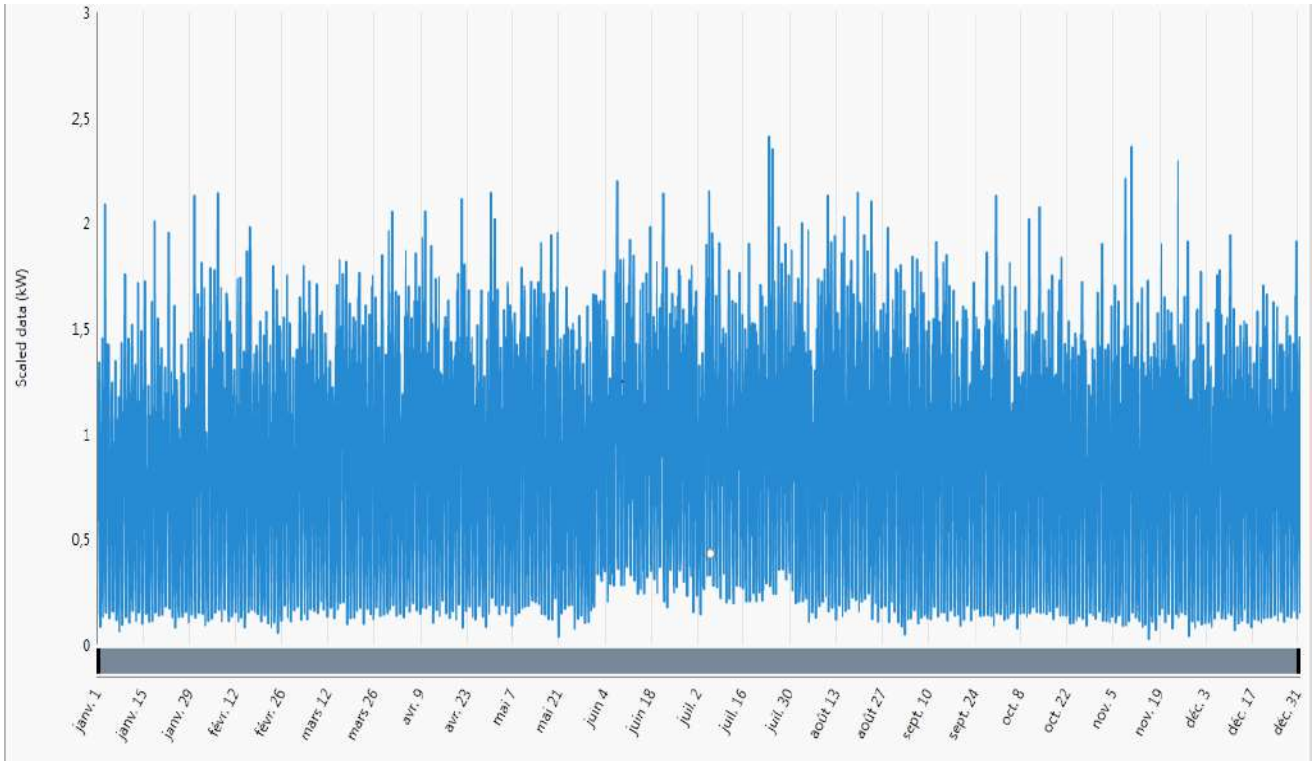


Figure 4.1 Profils de consommation journalière pour l'année

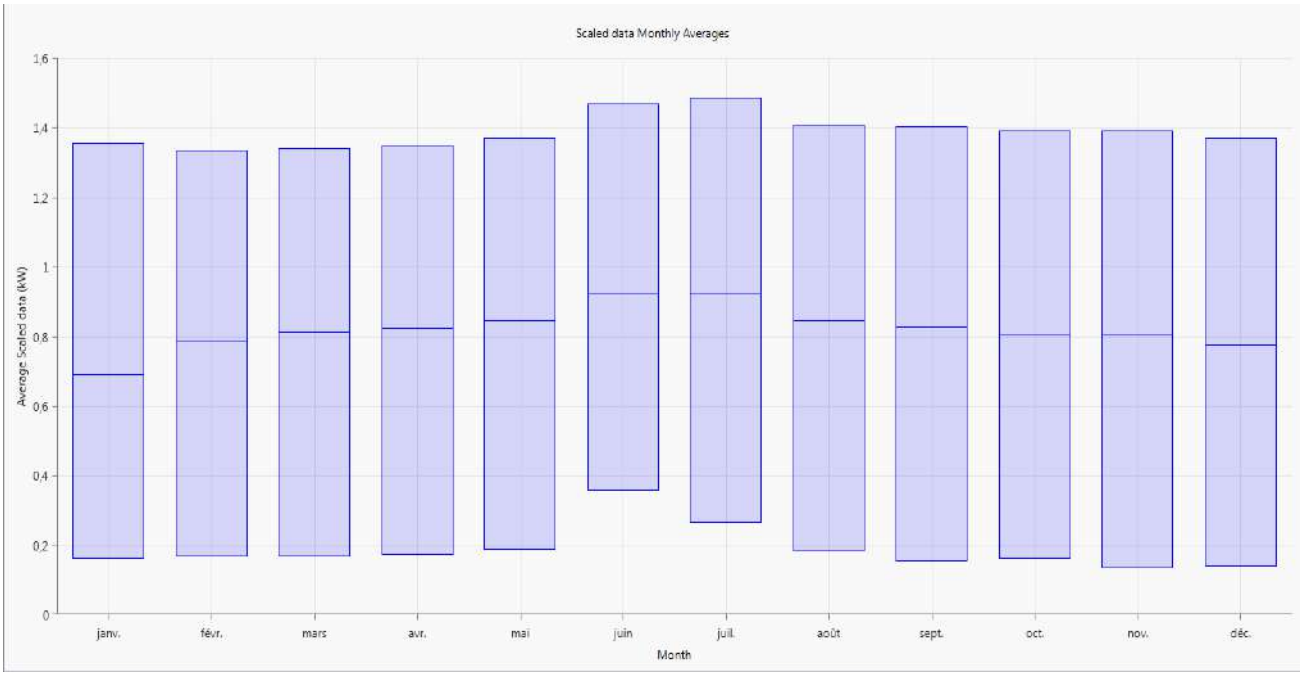


Figure 4.2 .1a Profils de consommation identifiée par mois

4.1.3 Profils journaliers

Les profils journaliers reflètent la consommation des résidences pour les 24 heures d'une journée il est difficile de déduire une évolution en utilisant tous les profils de l'année à la fois. On remarque très bien que de janvier à juin, la consommation journalière augmente progressivement. Pour juillet et Aout, les profils journaliers mensuels se prendre des valeurs nominales (pic), pour la période du mois de septembre à décembre ,la consommation journalière recommence à progresser de façon significative. En portant un regard sur toute l'année, on note que les heures de consommation importante sont les mêmes pour tous les mois de l'année. Les plus fortes heures de consommation sont au retour du travail jusqu'au coucher entre (16h00 et 22h00) et le matin entre le réveil et le départ entre (6h00et9h00) Figure 4.3.

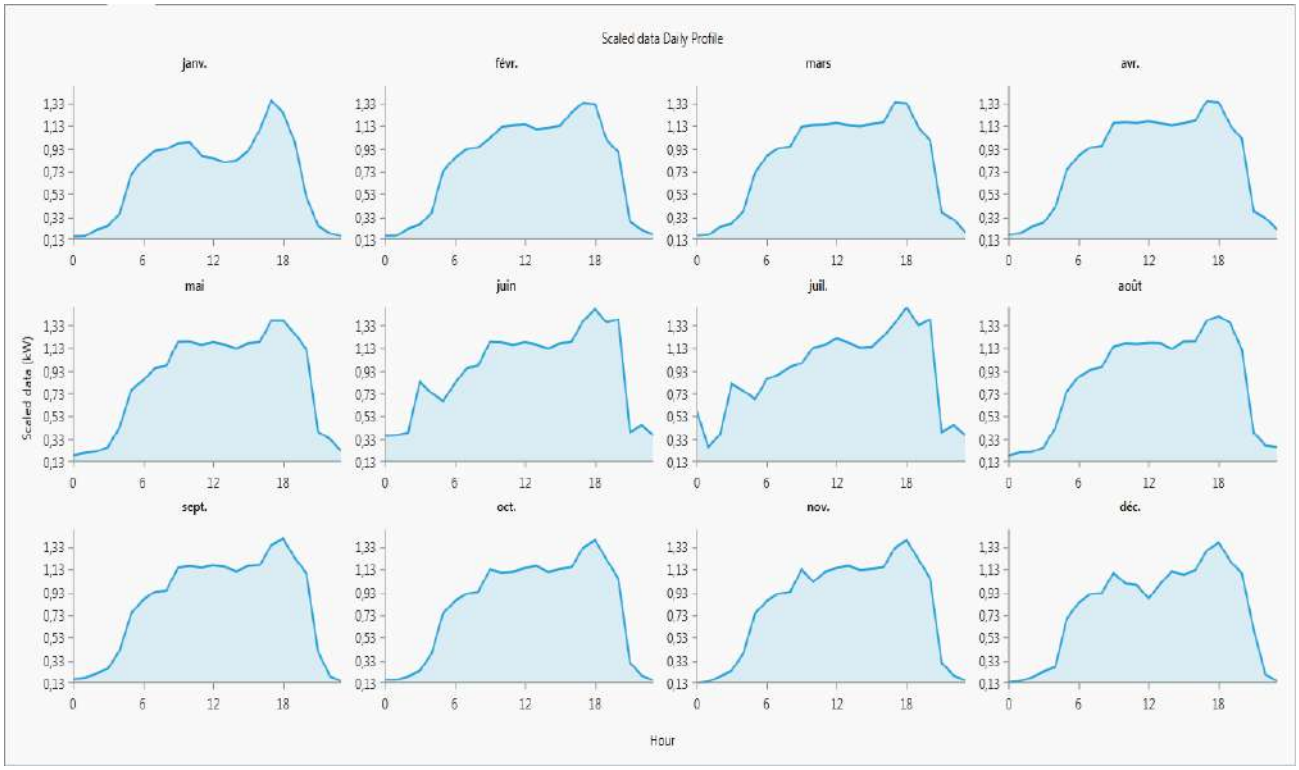


Figure 4.3 Profile journalière

4.1.4 Répartition de la demande énergétique pour le secteur résidentiel

La répartition d'énergie dans une résidence se répartit comme au Tableau 4.1 entre la climatisation les appareils ménagers, l'éclairage et chauffage des locaux, et le chauffage de l'eau, On remarque que la climatisation nécessite plus de 60 % des besoins en énergie en été, alors que le chauffage ne vaut environ 2 à 13 %. En Evert.

Tableau 4.1 Consommation d'énergie par utilisation finale en pourcentage (2015).

	Décembre/ Janvier / Février	Mars / Avril / Mai	Juin / Juillet / Aout	Septembre/ Octobre/ Novembre
Climatisation	2.5	12	66.5	8
Appareilles ménagers	34.5	41	18.5	43
Eclairage	42	39	13	40
Chauffage des locaux	13	5	-	3
Chauffage de l'eau	8	3	2	4

Dans une résidence à Aoulef (Adrar) reliée au réseau électrique, l'électricité est souvent utilisée pour

Couvrir tous les besoins énergétiques de cette résidence y compris la climatisation en été.

Il est absurde d'utiliser les panneaux photovoltaïques pour produire la quantité d'électricité nécessaire.

Le rendement de conversion d'énergie n'est pas suffisant pour imaginer utiliser cette technologie alors que d'autres solutions sont plus efficaces et moins coûteuses.

Si on utilise les éoliennes et le solaire photovoltaïque pour les besoins en électricité, on peut donc inclure la consommation d'énergie des appareils ménagers, l'éclairage et même la climatisation.

La consommation moyenne journalière de l'électricité pour l'éclairage, l'électroménager et la climatisation d'un habitant Pour la localisation de Aoulef, (Adrar) au Sud Algérie été estimée (19,75kWh/j)

4.1.5 Comparaison des données de gisement solaire RETScreen et HOMER

Les données de gisement solaire intégrées dans RETScreen et celles disponibles dans HOMER en le liant avec le site de la NASA présentent des différences. Plusieurs raisons expliquent cette divergence.

Tout d'abord, dans RETScreen, certaines données sont issues d'une base de données de CANMET Ennery, organisme qui supporte RETScreen, et sont référencées comme données prises au sol. Les autres données proviennent des données disponibles sur le site de la NASA. Pour ce qui est de HOMER, il est possible de lier ce logiciel avec le site de données de la NASA.

Une fois le logiciel lié, on peut obtenir des données de gisement solaire partout sur le globe. Il existe cependant des différences entre les données de HOMER et celles issues du site de la NASA. Lorsqu'une

Localisation est entrée, HOMER va d'abord chercher dans la base de données de NREL dans laquelle des données de gisement solaire sont disponibles pour environ 25 % du globe. S'il la localisation ne se trouve pas dans cette base de données, HOMER va rechercher dans les données de la NASA. HOMER priorise les données de NREL puisqu'elles sont plus précises.

4.2 Validation des simulations et effet du gisement sur la consommation

4.2.1 Validation des données d'ensoleillement de RETScreen et d'HOMER

Étant donné des écarts entre les données d'HOMER et celles de RETScreen, des simulations ont été faites à la fois avec les données d'ensoleillement d'HOMER et celles de RETScreen afin de vérifier si les résultats diffèrent beaucoup pour le système photovoltaïque simulé sous HOMER. L'exercice a été fait avec les données de consommation pour une résidence,

Sur le tableau 4.2 nous présentons l'estimation des besoins d'électricité journaliers en KW

Tableau 4.2 Consommation annuel d'une résidence à Aoulef (2017) en KW

Hour	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
0	0,159	0,165	0,168	0,174	0,185	0,358	0,581	0,183	0,170	0,164	0,133	0,141
1	0,162	0,167	0,175	0,191	0,208	0,364	0,264	0,213	0,185	0,165	0,148	0,154
2	0,221	0,230	0,245	0,247	0,222	0,388	0,368	0,217	0,221	0,196	0,196	0,187
3	0,253	0,266	0,273	0,280	0,261	0,832	0,817	0,258	0,263	0,245	0,245	0,237
4	0,363	0,369	0,383	0,417	0,435	0,735	0,756	0,427	0,422	0,395	0,395	0,277
5	0,710	0,734	0,722	0,745	0,764	0,664	0,681	0,750	0,751	0,748	0,748	0,699
6	0,830	0,852	0,866	0,869	0,843	0,820	0,855	0,875	0,866	0,857	0,857	0,841
7	0,910	0,927	0,935	0,942	0,951	0,951	0,898	0,937	0,939	0,921	0,921	0,918
8	0,930	0,945	0,951	0,957	0,974	0,974	0,962	0,962	0,951	0,939	0,939	0,928
9	0,980	1,023	1,124	1,156	1,185	1,185	0,997	1,145	1,148	1,133	1,133	1,104
10	0,990	1,123	1,139	1,162	1,188	1,181	1,133	1,172	1,163	1,105	1,027	1,012
11	0,870	1,137	1,143	1,156	1,158	1,158	1,161	1,167	1,148	1,114	1,114	0,998
12	0,850	1,145	1,157	1,171	1,183	1,183	1,214	1,176	1,170	1,146	1,146	0,879
13	0,813	1,103	1,137	1,153	1,161	1,161	1,178	1,175	1,156	1,164	1,164	1,009
14	0,830	1,115	1,129	1,137	1,127	1,127	1,135	1,124	1,115	1,111	1,127	1,117
15	0,910	1,133	1,148	1,154	1,173	1,173	1,142	1,188	1,164	1,138	1,138	1,089
16	1,100	1,248	1,162	1,177	1,185	1,185	1,233	1,189	1,173	1,153	1,153	1,128
17	1,356	1,335	1,343	1,352	1,369	1,369	1,352	1,371	1,349	1,327	1,327	1,301
18	1,247	1,322	1,331	1,341	1,370	1,470	1,486	1,411	1,403	1,391	1,391	1,372
19	0,987	1,012	1,120	1,136	1,255	1,355	1,328	1,349	1,234	1,222	1,222	1,207
20	0,511	0,901	1,002	1,019	1,120	1,381	1,381	1,118	1,101	1,055	1,055	1,100
21	0,254	0,288	0,372	0,382	0,393	0,393	0,393	0,387	0,410	0,314	0,314	0,608
22	0,189	0,221	0,312	0,325	0,331	0,451	0,451	0,277	0,198	0,205	0,205	0,216
23	0,163	0,177	0,201	0,224	0,227	0,367	0,367	0,263	0,152	0,160	0,160	0,154

Equivalent de Consommaion moeyenne d'energie electrique en kwh/j	**19,75KWh/j**

Après entrer les donnée de consommation de Tableau 4.2 sur l'logiciels HOMER et RETScreen les Figures 4.4a et Figure 4.4b afin de faire les calculs au début de système photovoltaïque.



Figure4.4.a. profil de charge de consommation moyenne 19,75 KWh /j avec HOMER pour système photovoltaïque seul.

	Unité	Cas de référence	Cas proposé
Électricité - quotidienne - CC	kWh		
Électricité - quotidienne - CA	kWh	37,930	37,930
Corrélation ressource intermittente-charge			Zéro

☐ **Portion d'utilisation dans le mois**

		Cas de référence	Cas proposé
Électricité - annuelle - CC	MWh	0,000	0,000
Électricité - annuelle - CA	MWh	13,844	13,844
Charge de pointe - annuelle	kW		1,49

Figure4.4.b. profil de charge de consommation moyenne 19,75 KWh /j avec RETScreen pour système photovoltaïque seul.

CHAPITRE 4: PRESENTATION DES DONNEES ET VALIDATION D'EFFET DU GISEMENT SUR LA CONSOMMATION

Les résultats de calcule sur d'HOMER et RETScreen est représenter comme suite pour le système photovoltaïque.

Architecture					Cost					System				Jinko60/275	
Jinko60/275 (kW)	Dis12V	Converter (kW)	Dispatch	COE (د.إ)	NPC (د.إ)	Operating cost (د.إ/yr)	Initial capital (د.إ)	O&M (د.إ/yr)	Elec Prod (kWh/yr)	Elec Cons (kWh/yr)	Excess Elec (%)	Excess Elec (kWh/yr)	Capital Cost (د.إ)	Autonomy (hr)
10,0	16	2,50	LF	23,27 د.إ	7,27 د.إM	122 351 د.إ	1,97 د.إM	24 353 د.إ	20 674	7 210	61,2	12 643	908 374	30,3

Figure 4.5 résultat de calcule HOMER pour système photovoltaïque seul

Onduleur

Capacité	kW	2,5
Rendement	%	98%
Pertes diverses	%	0%

Accumulateurs

Nombre de jours d'autonomie	j	1,3
Tension	V	48,0
Rendement	%	98%
Niveau maximal de décharge	%	100%
Rendement du régulateur de charge	%	100%
Méthode de contrôle de la température		Ambiant
Réduction moyenne de la capacité due à la température	%	0,8%
Capacité	Ah	1 112
Accumulateurs	kWh	53

Photovoltaïque

Type		mono-Si		
Capacité électrique	kW	10,25	410,0%	
Fabricant		Systovi		
Modèle		mono-Si - SEf-250		41 unité(s)
Rendement	%	12,8%		
Température nominale des cellules en opération	°C	45		
Coefficient de température	% / °C	0,40%		
Surface du capteur solaire	m²	80,2		
Méthode de contrôle		Fixe		
Pertes diverses	%	2,0%		

Sommaire

Facteur d'utilisation	%	16,9%	
Électricité fournie à la charge	MWh	13,73	99,2%

Figure 4.6 Modèle énergétique RETScreen pour système photovoltaïque seul

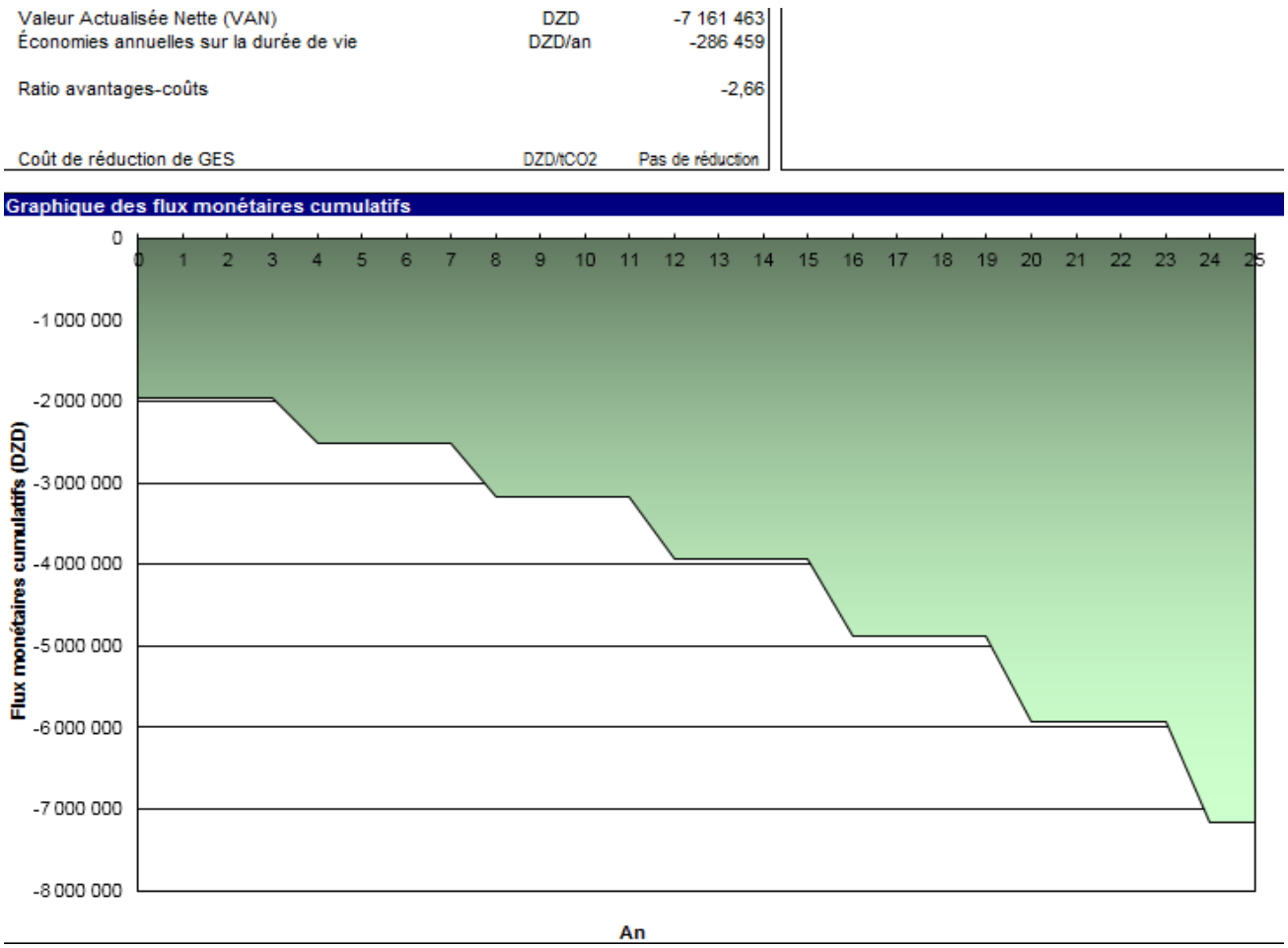


Figure 4.7 Analyse financière avec RETScreen pour système photovoltaïque seul

Les résultats de la simulation avec les deux outils sont apparaissent sur le tableau 4.3

Tableau 4.3 Système photovoltaïque évalué avec les gisements de HOMER et de RETScreen pour la consommation totale moyenne de 19,75 kWh/j

Type de système	Résumé du système	Coût Total	Coût initial (DA)	Coût D'opération (DA/an)	Coût DA/kWh	Excès d'énergie (%)
Aoulef PV seul (HOMER)	10kwc, 16*260Ah (49,8kwh) 2,5kw	7270000	1970000	122351	23,28	61,2
Aoulef PV seul (RETScreen)	10,25kwc, 16*260Ah (53kwh) 2,5kw	7161463	1955026	286459	20,86	44,7

On fait le même travail avec les deux autres systèmes Eolien et diésel, en obtient les résultats suivants:

Architecture								Cost				System				Xzer3.7		
	Xzer3.7	Dis12V	Converter (kW)	Dispatch	COE (د.إ)	NPC (د.إ)	Operating cost (د.إ/yr)	Initial capital (د.إ)	O&M (د.إ/yr)	Elec Prod (kWh/yr)	Elec Cons (kWh/yr)	Excess Elec (%)	Excess Elec (kWh/yr)	Capital Cost (د.إ)	Production (kWh/yr)	O&
	8	48	2,50	LF	56,17 د.إ	17,5 د.إM	320 861 د.إ	3,64 د.إM	28 515 د.إ	27 911	7 209	71,8	20 039	660 000	27 911	19

Figure 4.8 Résultat de calcule HOMER pour système Eolien seul

Onduleur			
Capacité	kW	2,5	
Rendement	%	98%	
Pertes diverses	%	0%	
Accumulateurs			
Nombre de jours d'autonomie	j	3,7	
Tension	V	48,0	
Rendement	%	98%	
Niveau maximal de décharge	%	100%	
Rendement du régulateur de charge	%	100%	
Méthode de contrôle de la température		Ambiant	
Réduction moyenne de la capacité due à la température	%	0,8%	
Capacité	Ah	3 113	
Accumulateurs	kWh	149	
Éolienne			
Capacité électrique par turbine	kW	2,0	
Fabricant		ReDriven	
Modèle		2 KW	
Nombre de turbines		6	
Capacité électrique	kW	12,0	
Hauteur du moyeu	m	16	4,6 m/s
Diamètre du rotor par turbine	m	4	
Surface balayée par turbine	m²	10	
Courbe d'énergie		Standard	
Facteur de forme		2,0	

Figure 4.9. Modèle énergétique RETScreen pour système éolien seul

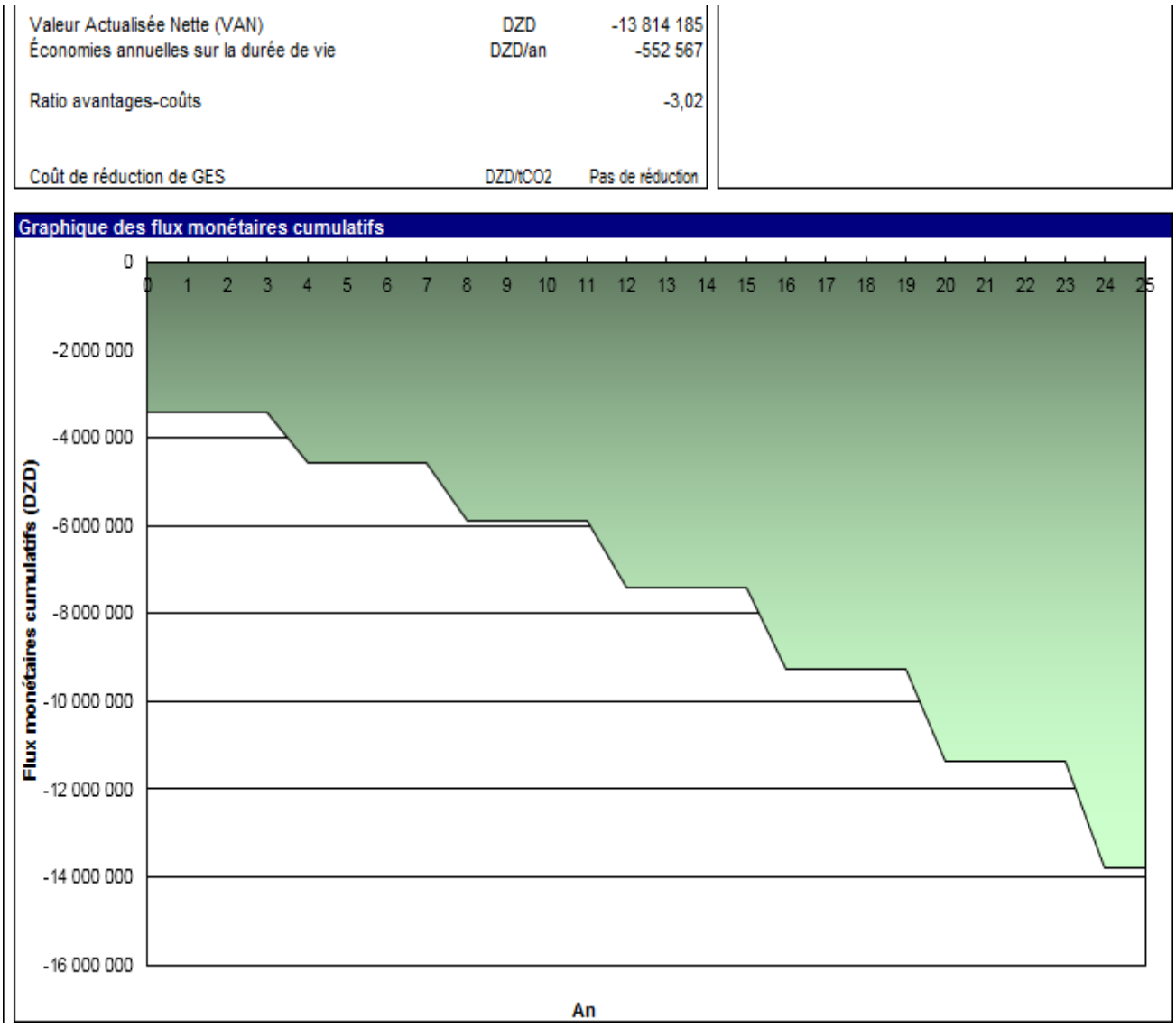


Figure 4.10. Analyse financière avec RETScreen pour système Eolien seul

Tableau 4.4. Système éolienne évalué avec les gisements de HOMER et de RETScreen pour la consommation moyenne de 19,75 kWh/j

Type de système	Résumé du système	Coût Total en DA	Coût initial en DA	Coût D'opération	Coût DA/kWh	Excès d'énergie (%)
Aoulef Eolien seul (HOMER)	8*2kw, 48*260Ah (149kwh) 2,5kw	17500000	3640000	320861	56,16	71,8
Aoulef Eolien seul (RETScreen)	6*3kw, 48*260Ah (152kwh) 2,5kw	13814185	3415674	270372	39,91	48,6

Architecture			Cost					System				Gen10				
Gen10 (kW)	Dispatch	COE (د.ج)	NPC (د.ج)	Operating cost (د.ج/yr)	Initial capital (د.ج)	O&M (د.ج/yr)	Elec Prod (kWh/yr)	Elec Cons (kWh/yr)	Excess Elec (%)	Excess Elec (kWh/yr)	Hours	Production (kWh)	Fuel (L)	O&M Cost (د.ج/yr)	Fuel Cost (د.ج/yr)
10,0	CC	34,84 د.ج	10,9 د.ج M	247 646 د.ج	155 000 د.ج	30 660 د.ج	17 524	7 210	58,9	10 313	8 760	17 524	9 217	30 660	212 533

Figure 4.11. Résultat de calcule HOMER pour système diesel seul

Moteur à pistons

Type de combustible	Mazout (#6) - gall.		
Prix du combustible	DZD/gall.	120,960	
Capacité électrique	kW	8	320%
Disponibilité	%	100%	
Électricité fournie à la charge	MWh	13,8	100%
Fabricant	Yanmar Diesel Engine		
Modèle	1GM10		1 unité(s)
Consommation spécifique	kJ/kWh		
Combustible nécessaire	GJ/h	0,0	

Figure 4.12. Modèle énergétique RETScreen pour système diesel seul

Valeur Actualisée Nette (VAN)	DZD	-10 228 627
Économies annuelles sur la durée de vie	DZD/an	-409 145
Ratio avantages-coûts		-66,52
Coût de réduction de GES	DZD/tCO2	Pas de réduction

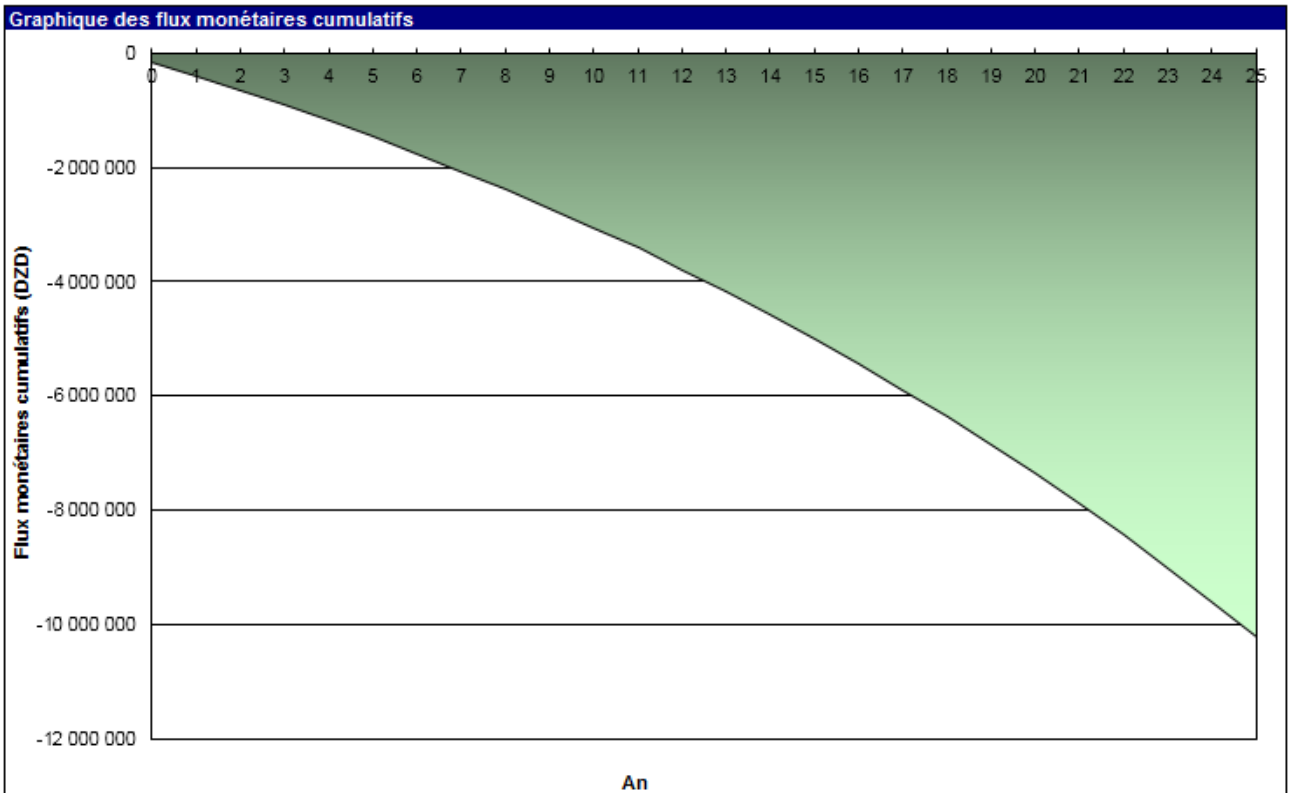


Figure 4.13 Analyse financière avec RETScreen pour système Eolien seul

Tableau 4.5 Système diesel évalué avec les gisements de HOMER et de RETScreen pour la consommation totale moyenne de 19,75 kWh/j

Type de système	Résumé du système	Coût Total en DA	Coût initial en DA	Coût D'opération	Coût DA/kWh	Excès d'énergie (%)
Aoulef Diesel seul (HOMER)	10kw	10900000	155000	247623	34,84	58,8
Aoulef Diesel seul (RETScreen)	8kw	10228627	151500	409145	29,55	45,5

4.2.2 Validation des simulations

La validation se fait avec les données de consommation d'une résidence moyenne pour la ville Aoulef Les systèmes validés sont les systèmes seuls, donc: éolien, diésel et photovoltaïque. Une comparaison de la situation à Aoulef est réalisée avec la situation pour un lieu faible ensoleillement et un lieu faible venteux Avec les données HOMER.

4.2.3 Comparaison entre Aoulef et un lieu faible ensoleillement El Taref en Algérie

Une comparaison entre Aoulef et El Taref en Algérie (situation faible ensoleillement) a été faite. Avec la même consommation pour les 2 lieux afin de voir l'effet de l'ensoleillement sur le dimensionnement et les coûts du système. Cette comparaison a été faite pour une résidence dans le cas du système photovoltaïque.

Tableau 4.6 Moyenne d'ensoleillement pour **Aoulef** (Adrar) et **El Taref**

	Aoulef en kWh/ (m^2j)	**EL Taref en kWh/ (m^2j)**	**Différence**
Moyenne	5,8	4,46	22,7%

Tableau 4.7 Système photovoltaïque un lieu faible ensoleillement (El Taref en Algérie) évalué avec les gisements de HOMER et de RETScreen pour la consommation moyenne de 19,75 kWh/j

Type de système	**Résumé du système**	**Coût Total**	**Coût initial (DA)**	**Coût D'opération (DA/an)**	**Coût DA/kWh**	**Excès d'énergie (%)**
Aoulef PV seul (DHOMER)	10kwc, 16*260Ah (49,8kwh), 2,5kw	7270000	1970000	122351	23,27	61,2
El taref PV seul (DHOMER)	14kwc, 24*260Ah (74,7kwh), 2,5kw	10600000	2810000	180134	34,01	67,9

4.2.4 Comparaison entre Aoulef et un lieu faible vent Tlemcen en Algérie

Une comparaison entre Aoulef et Tlemcen en Algérie (situation faible vent) a été faite. Avec la même consommation pour les 2 lieux afin de voir l'effet de vitesse du vent sur le dimensionnement et les coûts du système. Cette comparaison a été faite pour une résidence dans le cas du système éolien.

Tableau 4.8 Moyenne de gisement éolien pour **Aoulef** et **Tlemcen**

	Aoulef en m/s	**Tlemcen en m/s**	**Différence**
Moyenne	5,77	4,37	24,65%

Tableau 4.9. Système Eolien un lieu faible venteux Tlemcen évalué avec les gisements de HOMER et de RETScreen pour la consommation moyenne de 19,75 kWh/j

Type de système	**Résumé du système**	**Coût Total**	**Coût initial (DA)**	**Coût D'opération (DA/an)**	**Coût DA/kWh**	**Excès d'énergie (%)**
Aoulef Eolien seul (DHOMER)	8*2,1kw, 48*260Ah (149 kwh) 2,5kw	17500000	3640000	320861	56,17	71,8
Tlemcen Eolien seul (DHOMER)	20*2,1kw, 64*260Ah (199 kwh) 2,5kw	25100000	5590000	450135	80,37	72,7

4.3 Conclusion

Dans ce chapitre en présente des données et d'effet du gisement sur la consommation et Les résultats de calcule sur d'HOMER et RETScreen pour site Aoulef (adrar) presque le même et comparaison entre deux site faible vent et ensoleillement avec site de aoulef et l' Effet sur le dimensionnement et le coût de l'installation.

CHAPITRE 5

ÉTUDE COMPARATIVE DES SYSTÈMES SEULS, HYBRIDES AUTONOMES ET CONNECTES AU RÉSEAU

CHAPITRE 5: ÉTUDE COMPARATIVE DES SYSTÈMES SEULS, HYBRIDES AUTONOMES ET CONNECTES AU RÉSEAU

5.1 Introduction

Dans ce chapitre en présent les différents études comparative des systèmes seuls et hybrides autonomes et connectes au réseau avec logiciel homer et retscreen .

L'objectif est de maintenir un niveau de fiabilité élevé avec un coût minimal grâce à un dimensionnement optimal de systèmes hybrides (éolien – photovoltaïque)

5.1.1 Études des systèmes seuls avec HOMER et RETScreen

Les systèmes seuls (photovoltaïque, éolien et diésel) sont étudiés tout d'abord avec le logiciel HOMER et les résultats issus du cas étudié avec la consommation moyenne d'une résidence sont ensuite comparés avec une simulation sur RETScreen.

5.1.2 Systèmes seuls avec HOMER

Les systèmes seuls (photovoltaïque, éolien et diésel) sont comparés les uns aux autres. Dans le Tableau 5.1, les systèmes seuls qui répondent à la consommation totale sont détaillés. Le système éolien demande un coût initial très important, le coût total en est donc affecté et le coût par kWh est élevé. Pour le système photovoltaïque le coût initial est largement moins élevé que pour celui du système éolien, mais les coûts d'opération sont tout de même élevé, en plus des batteries qui sont une grande partie des coûts d'opération, les éoliennes nécessitent plus d'entretien que les panneaux solaires. Le système diésel quant à lui nécessite un investissement initial minimal et la majeure partie du coût total du système provient des coûts d'opération qui sont majoritairement liés à l'utilisation de carburant. Tous Les trois systèmes donnent un excès d'énergie similaire importante et offrants un coût diffèrent par kWh produit.

Tableau 5.1 *Résumé des systèmes simples étudiés avec HOMER pour* Aoulef (Adrar).*pour la consommation moyenne 19,75kWh/j*

Type de système	Résumé du système	Coût Total	Coût initial (DA)	Coût D'opération (DA/an)	Coût DA/kWh	Excès d'énergie (%)
Aoulef PV seul (HOMER)	10kwc, 16*260Ah (49,8kwh) 2,5kw	7270000	1970000	122351	23,28	61,2
Aoulef Eolien seul (HOMER)	8*2kw, 48*260Ah (149kwh) 2,5kw	17500000	3640000	320861	56,16	71,8
Aoulef Diesel seul (HOMER)	10kw	10900000	155000	247623	34,84	58,8

5.2 Systèmes hybrides

5.2.1 Systèmes hybrides hors réseaux avec analyses de sensibilité

En considérant la consommation d'une résidence moyenne, les différents systèmes hybrides en situation hors réseau comprenant des panneaux solaires, des éoliennes, des batteries et une génératrice ont été analysés. La Figure 5.1 montre les systèmes en ordre: du plus économique au moins économique selon le Cout totale.

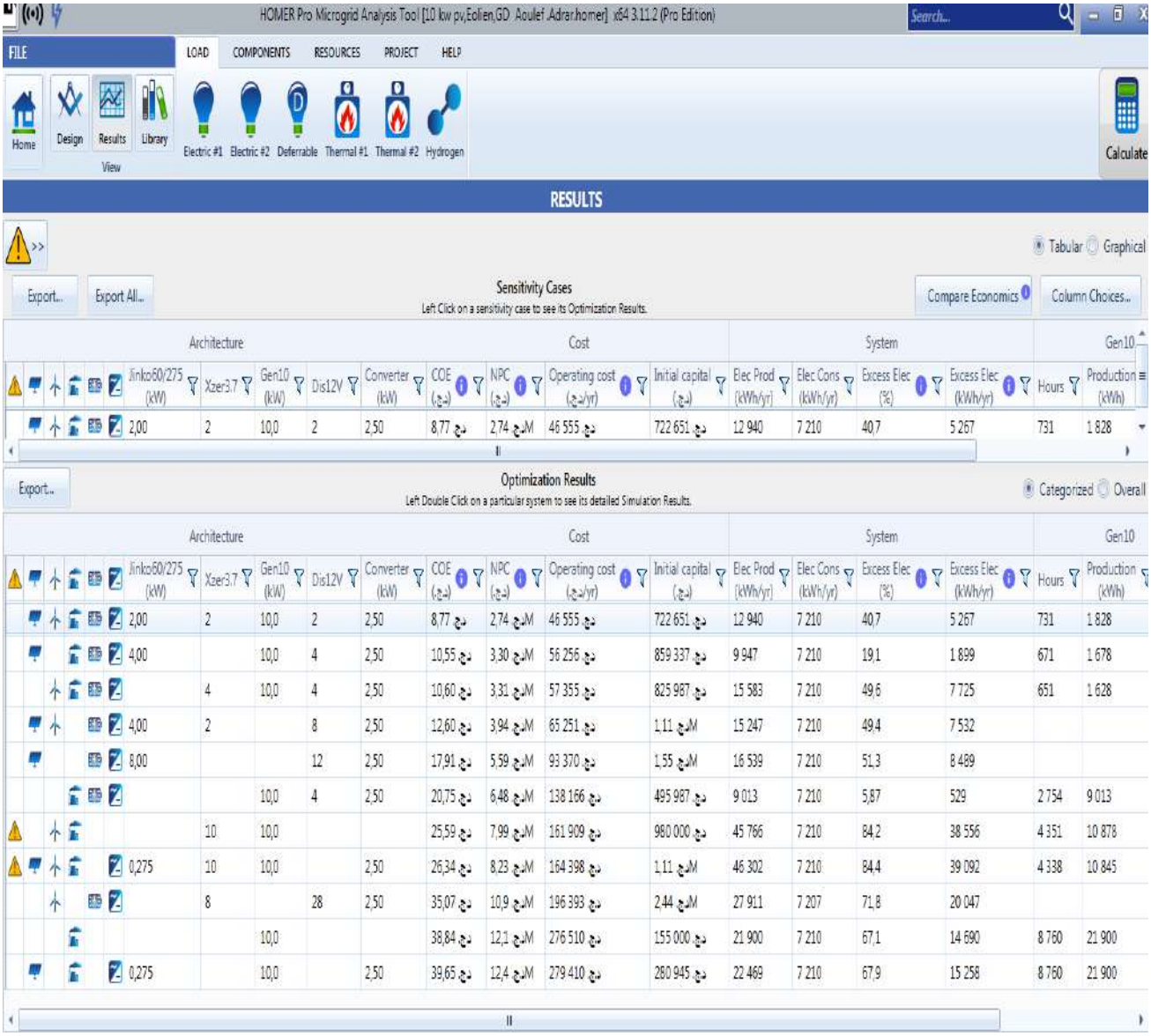


Figure 5.1 *Analyse des systèmes hybrides hors réseau pour la consommation d'une maison moyenne avec les coûts évalués initialement*

On remarque donc que le meilleur système serait celui comprenant toutes les composants possibles panneaux photovoltaïques, éoliennes, génératrice diésel et batteries. Le pire système c'est le système Photovoltaïque avec diesel,

Le système photovoltaïque, éolien avec batteries vient après les systèmes photovoltaïques avec génératrice diésel et batteries. La figure 5.2 montre une analyse de sensibilité sur le coût des panneaux en conservant le coût des autres équipements fixes et il présente l'analyse avec un coût des panneaux à l'achat de 35 % plus faible.

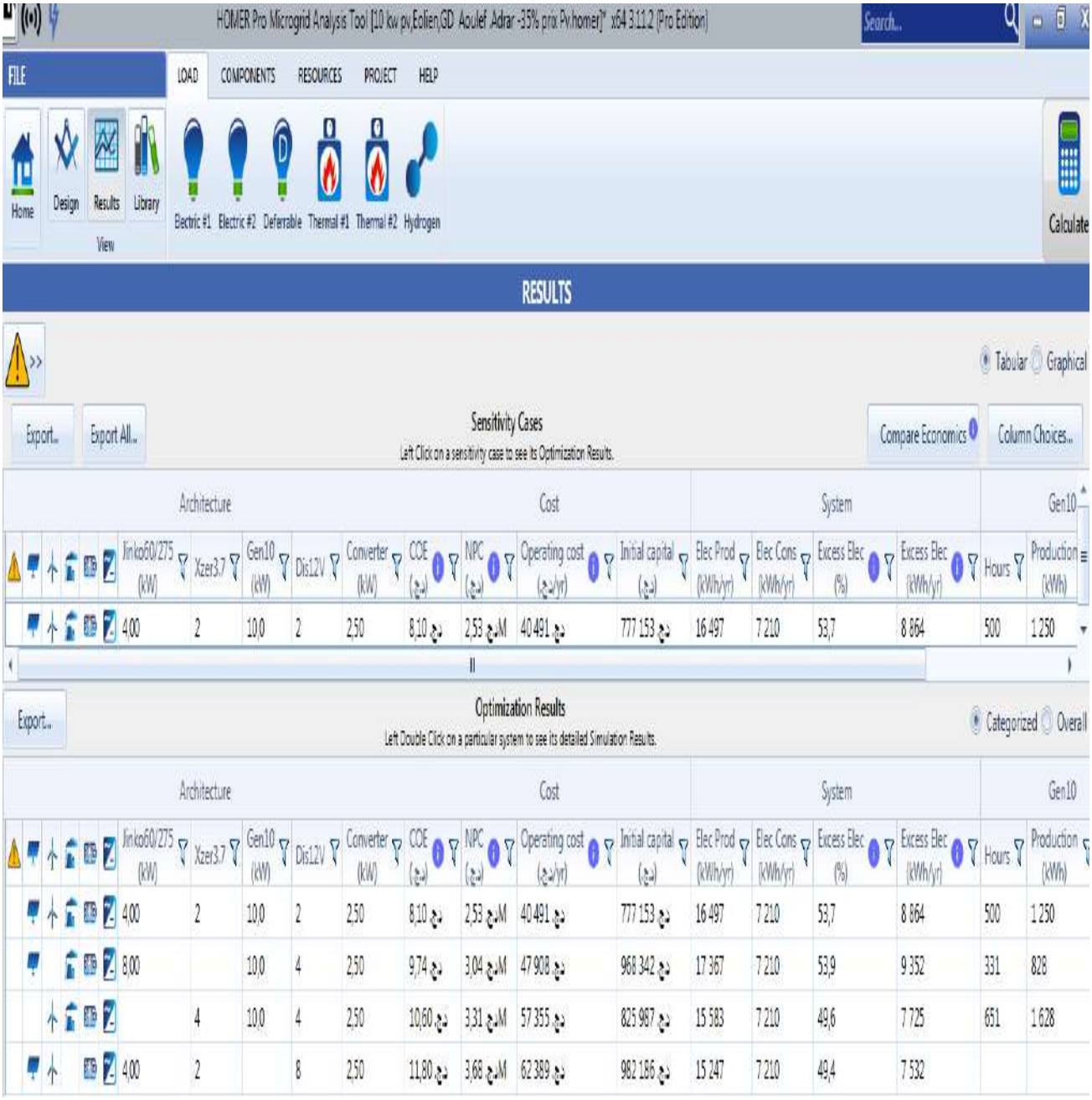


Figure 5.2 *Modification du coût des panneaux 35% de moins du coût initial.*

L'analyse de sensibilité est faite pour le coût des panneaux. Une diminution de 35 % du coût initial des panneaux, le système hybride éolien-diésel-photovoltaïque avec batteries reste le 1er choix avec une augmentation de la quantité de panneaux dans le système et diminution de 7,63% sur le cout de KWh produit.

Sur la figure 5.3, une analyse similaire est faite en faisant varier le coût des éoliennes de 35% moins du coût initial.

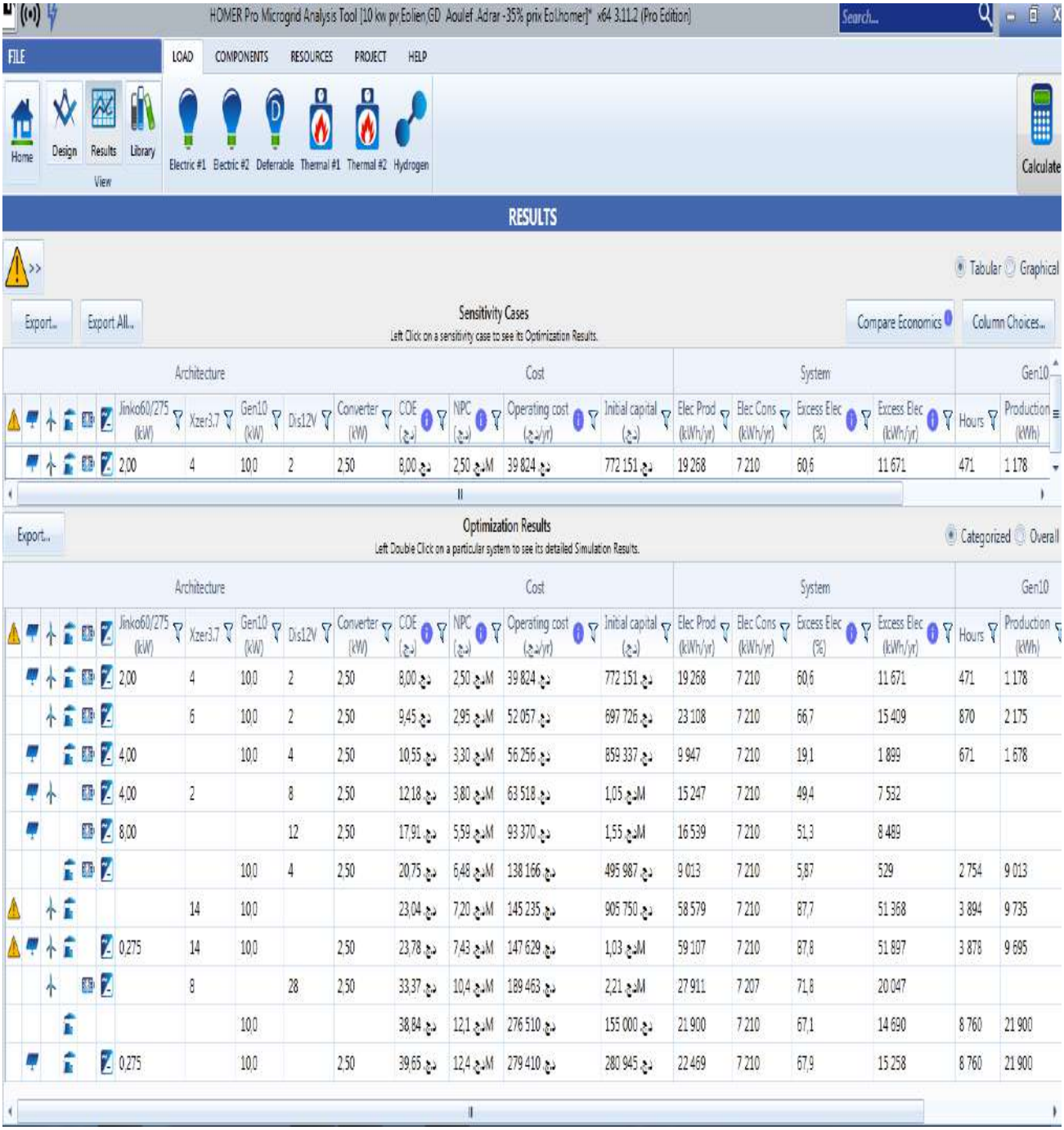
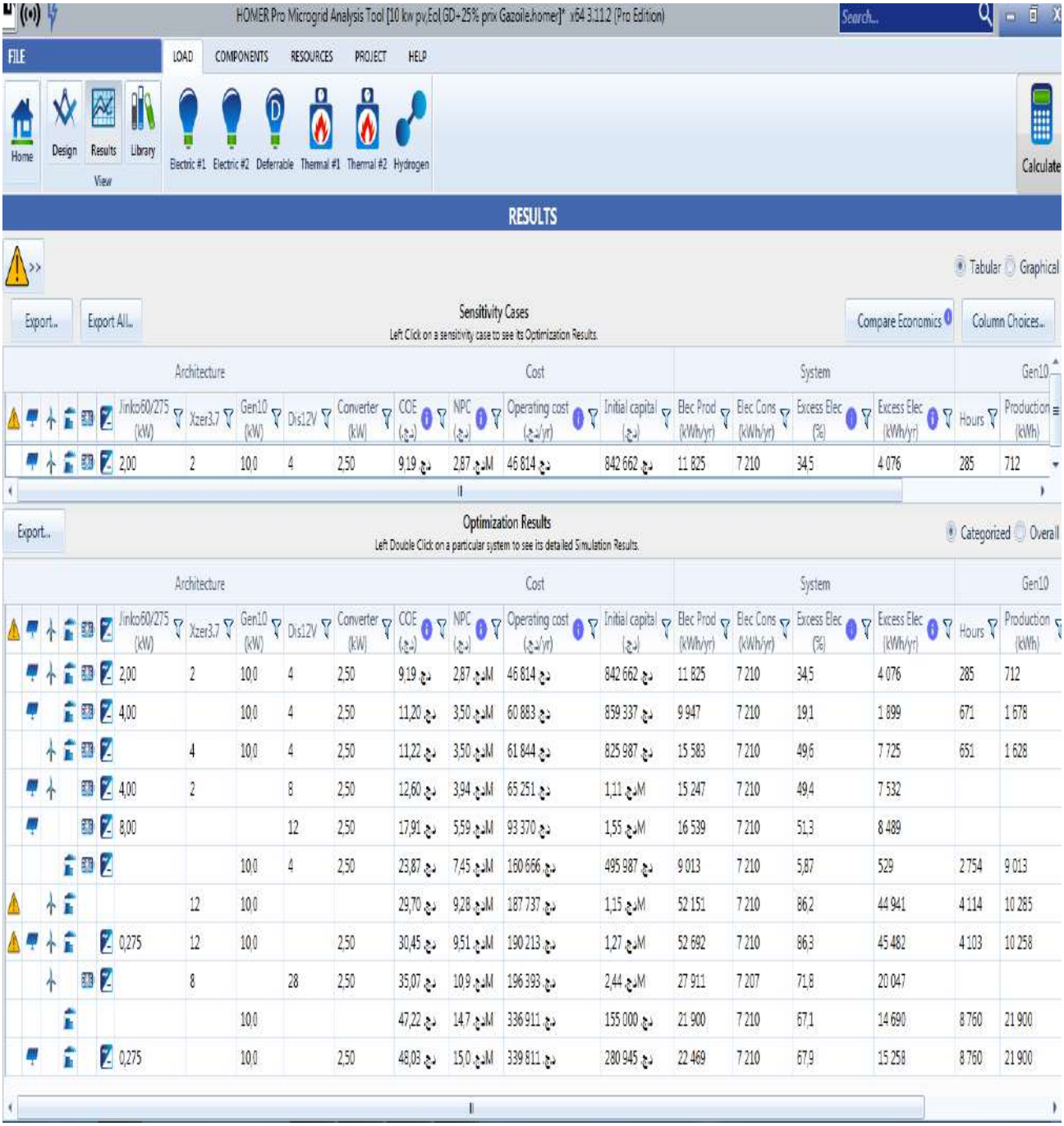


Figure 5.3 *Analyse de sensibilité pour les systèmes hybrides avec modification du coût des éoliennes.*

En diminuant de 35 % le coût des éoliennes, le système photovoltaïque, éolien, diésel avec batteries est tout jour le meilleur choix avec une augmentation de nombre d'éoliennes, les dernière positions restent les mêmes par rapport à celle du cas initial, avec une diminution de 8,7% sur le coût de KWh produit.

Une autre analyse de sensibilité a été effectuée sur le coût du diésel avec une augmentation de 25% (Figure 5.4).



Architecture							Cost				System				Gen10	
Jinko60/275 (kW)	Xzer3.7	Gen10 (kW)	Dis12V	Converter (kW)	COE (ج.م)	NPC (ج.م)	Operating cost (ج.م/yr)	Initial capital (ج.م)	Elec Prod (kWh/yr)	Elec Cons (kWh/yr)	Excess Elec (%)	Excess Elec (kWh/yr)	Hours	Production (kWh)
2,00	2	10,0	4	2,50	9,19 ج.م	2,87 ج.م M	46 814 ج.م	842 662 ج.م	11 825	7 210	34,5	4 076	285	712
4,00		10,0	4	2,50	11,20 ج.م	3,50 ج.م M	60 883 ج.م	859 337 ج.م	9 947	7 210	19,1	1 899	671	1 678
	4	10,0	4	2,50	11,22 ج.م	3,50 ج.م M	61 844 ج.م	825 987 ج.م	15 583	7 210	49,6	7 725	651	1 628
4,00	2		8	2,50	12,60 ج.م	3,94 ج.م M	65 251 ج.م	1,11 ج.م M	15 247	7 210	49,4	7 532		
8,00			12	2,50	17,91 ج.م	5,59 ج.م M	93 370 ج.م	1,55 ج.م M	16 539	7 210	51,3	8 489		
		10,0	4	2,50	23,87 ج.م	7,45 ج.م M	160 666 ج.م	495 987 ج.م	9 013	7 210	5,87	529	2 754	9 013
	12	10,0			29,70 ج.م	9,28 ج.م M	187 737 ج.م	1,15 ج.م M	52 151	7 210	86,2	44 941	4 114	10 285
0,275	12	10,0		2,50	30,45 ج.م	9,51 ج.م M	190 213 ج.م	1,27 ج.م M	52 692	7 210	86,3	45 482	4 103	10 258
	8		28	2,50	35,07 ج.م	10,9 ج.م M	196 393 ج.م	2,44 ج.م M	27 911	7 207	71,8	20 047		
		10,0			47,22 ج.م	14,7 ج.م M	336 911 ج.م	155 000 ج.م	21 900	7 210	67,1	14 690	8 760	21 900
0,275		10,0		2,50	48,03 ج.م	15,0 ج.م M	339 811 ج.م	280 945 ج.م	22 469	7 210	67,9	15 258	8 760	21 900

Figure 5.4 *Analyse de sensibilité pour les systèmes hybrides avec augmentation de 25% sur le coût du diésel.*

En cas d'augmentation de 25% sur le coût de diesel, le système hybride photovoltaïque, éolien, diésel avec batteries est tout jour le meilleur choix, le classement est inchangé pour les 4 dernière positions par rapport à la situation initiale.

Le système photovoltaïque diésel avec batteries est classe à la 2^{em} positions devant le système éolien, diésel avec batteries qui perdre une place. Ces analyses du coût du diésel montrent que dès

qu'il y a une augmentation du coût du diésel, le système hybride photovoltaïque, éolien-diésel-avec batteries est à privilégier, alors que ce système est toujours à proscrire. Avec une augmentation de 4,78% sur le prix de KWh produit. La figure 5.5 représente une analyse de sensibilité pour les systèmes hybrides avec modification du coût des batteries de 35 % moins du coût initial.

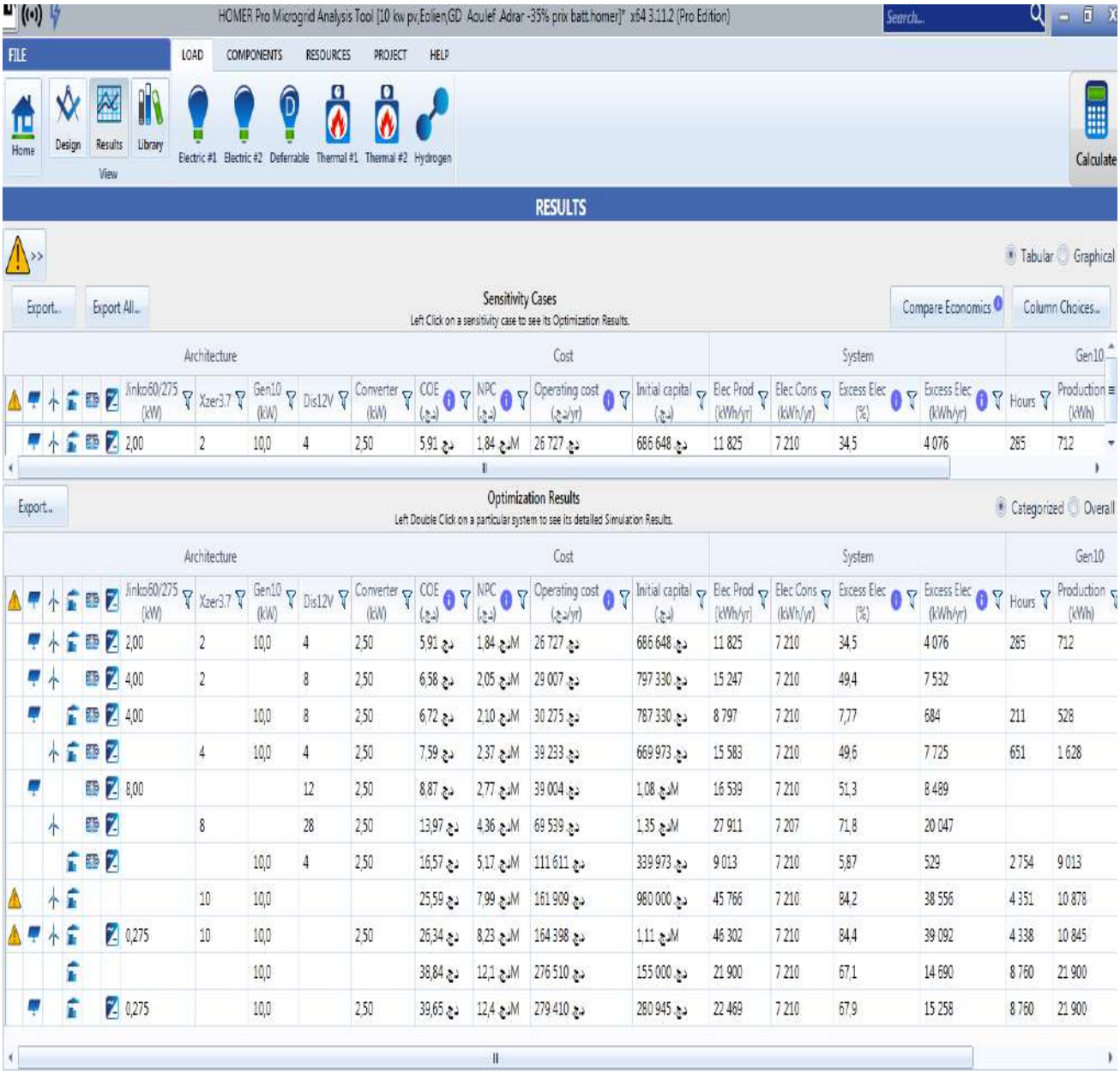


Figure 5.5 *Analyse de sensibilité pour les systèmes hybrides avec modification du coût des batteries*

En comparaison avec la situation initiale, la diminution de 35 % du coût de batteries, le système hybride éolien-diésel-photovoltaïque avec batteries reste le 1er choix et le système éolien, diesel

perdre deux places de (2 à 4), par contre le système photovoltaïque, diesel gagner deux places de (4 à 2), et le système éolien avec batteries passe au 6^{me} rang, La variation du coût des batteries de 35% influence peu le classement. Donc les systèmes avec batteries à prioriser.et le prix de KWh diminué de 32,61 % par a port au cas initial.

De toutes ces analyses, on en ressort que le système photovoltaïque, éolien, diesel avec batteries est toujours à proscrire pour la situation étudiée, la diminution des prix des équipements (photovoltaïque, éolien, batteries) renforce cette préférence, et même pour une augmentation du coût du diésel. Le système hybride photovoltaïque, éolien, avec batteries reste le bon choix. Et dans un futur proche (vu que le coût des panneaux est à la baisse et que le coût du diésel est à la hausse) ce système est la meilleure solution à long terme.

5.2.2 Analyses de sensibilités des systèmes seuls et hybrides connectés au réseau Sans génératrice diésel

Compte tenu de la consommation qui étudier initialement, différents systèmes hybrides a été analysé dans la situation connectée au réseau dans le cas où le réseau est déjà disponible à proximité avec utilisation des prix Agréer par sonelgaz.

1-prix d'électricité: le prix de 2em tranche avec un PMD 6 KW (4,1789 DA/KWh)

2-prix de rachat : le prix Agréer (15,00DA/KWh) [9].

5.2.2.1 Études du système PV seul et celui connecté au réseau

Dans le cas de Tableau 4.2, Il est avantageux d'ajouter des panneaux à un système qui est connecté au réseau si le coût de rachat est élevé.

Tableaux 5.2 *résultats d'analyses de sensibilité de Systèmes hybrides connectés au réseau local*

Prix d'électricité 4,1789DA/kWh, prix de rachat de l'électricité 15,94 DA/KWh, Réaux locale

Power Price (دج/kWh)	Sellback Rate (دج/kWh)						Jinko60/275 (kW)	Dis12V	Grid (kW)	Converter (kW)	COE (دج)	NPC (دج)
							8,00		6,00	8,00	-12,48 دج	-35,7 دجM

À la Figure 5.6, l'analyse de sensibilité de ce système est détaillée graphiquement. Les paramètres étudiés sont le prix de rachat de l'électricité au réseau sur l'axe des ordonnées et le coût de

l'électricité du réseau sur l'axe des abscisses. La zone en rouge est celle pour laquelle le réseau est préférablement alors que dans la zone bleue, il devient avantageux d'ajouter des panneaux solaires Au système.

Dans la zone verte le prix d'électricité est élevée il est intéressent d'ajouter des batteries pour Minimiser l'utilisation de l'électricité de réseau.

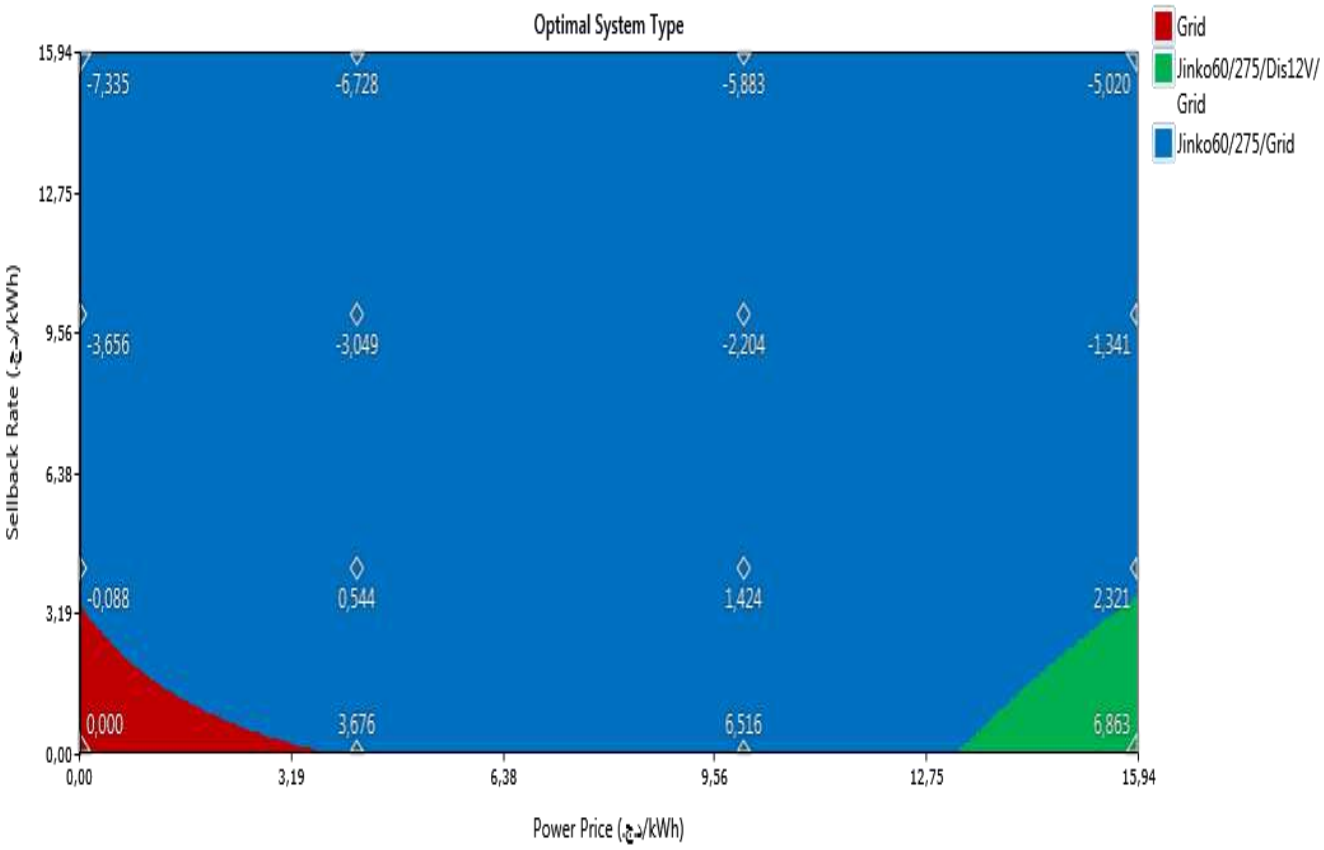


Figure 5.6 *Résultats graphiques de l'analyse des systèmes photovoltaïques connectés réseau pour la consommation d'une maison moyenne avec les coûts évalués initialement*

Le système photovoltaïque optimal est comparé avec la situation connectée au réseau dans le cas où le réseau n'est pas déjà disponible à proximité. La distance de la résidence au réseau à partir de laquelle il devient rentable d'avoir un système autonome photovoltaïque est 22,7km (Figure5.7)

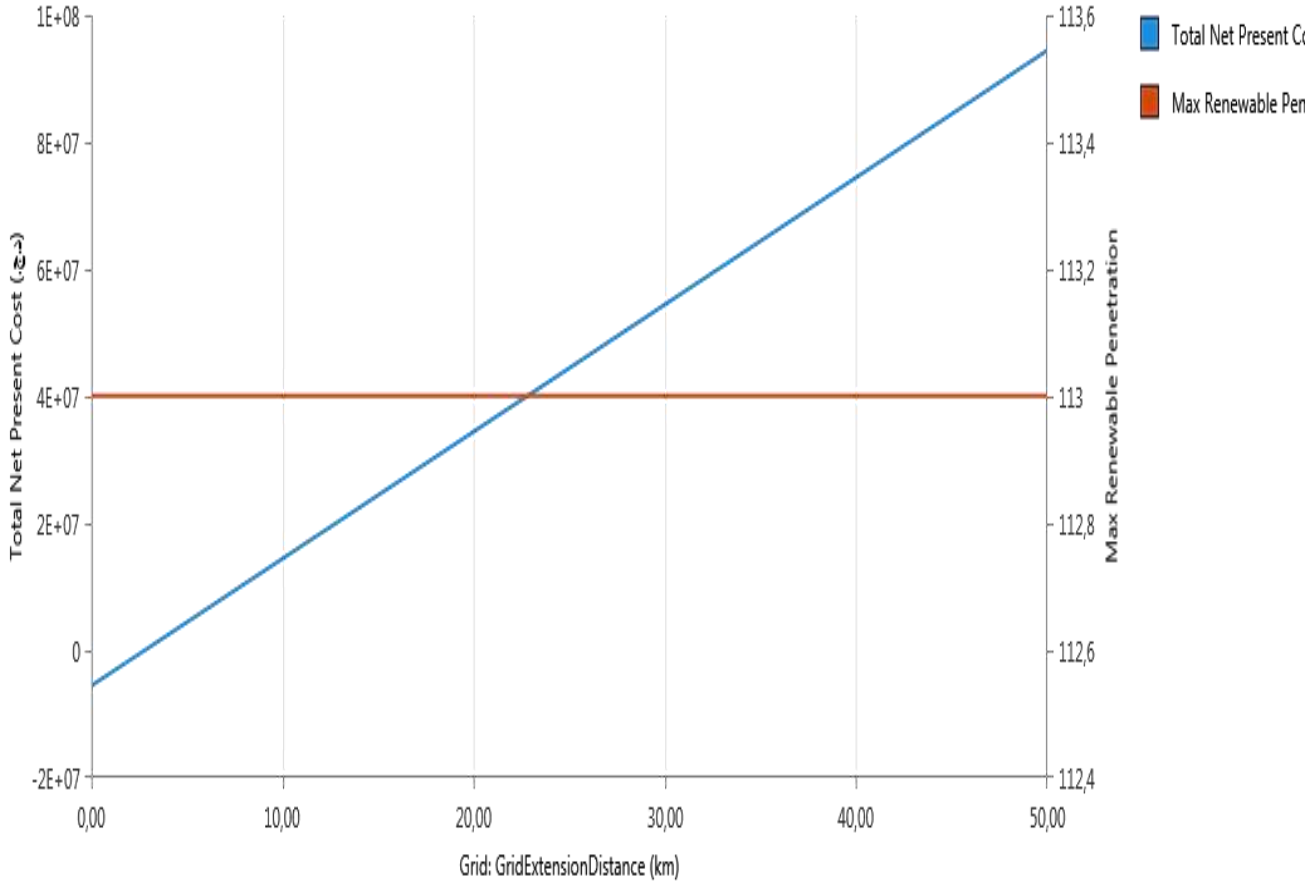


Figure 5.7 *Analyse de la distance du réseau pour le seuil de rentabilité du système photovoltaïque en comparaison avec le système connecté au réseau*

5.2.2.2 Études du système éolien seul et celui connecté au réseau

Dans le cas de Tableau 5.3, Il est avantageux d'ajouter des éoliens à un système qui est connecté au réseau si le coût de rachat est élevé.

Tableaux 5.3 *résultats d'analyses de sensibilité de Systèmes éolien connectés au réseau local*

Prix d'électricité 4,1789DA/kWh, prix de rachat de l'électricité 15,94 DA/KWh, Réaux locale												
Power Price (د.ج/kWh)	Sellback Rate (د.ج/kWh)						Xzer3.7	Dis12V	Grid (kW)	Converter (kW)	COE (د.ج)	NPC (د.ج)
							14		6,00	8,00	-12,48 د.ج	-35,7 د.ج M

À la Figure 5.8, l'analyse de sensibilité de ce système est détaillée graphiquement. Les paramètres étudiés sont le prix de rachat de l'électricité au réseau sur l'axe des ordonnées et le coût de l'électricité du réseau sur l'axe des abscisses.

Le plus souvent, il devient utile d'ajouter des éoliens au système. (Zone bleue). Si le prix d'électricité et le prix de rachat diminuent, le réseau devient privilégié (Zone rouge).

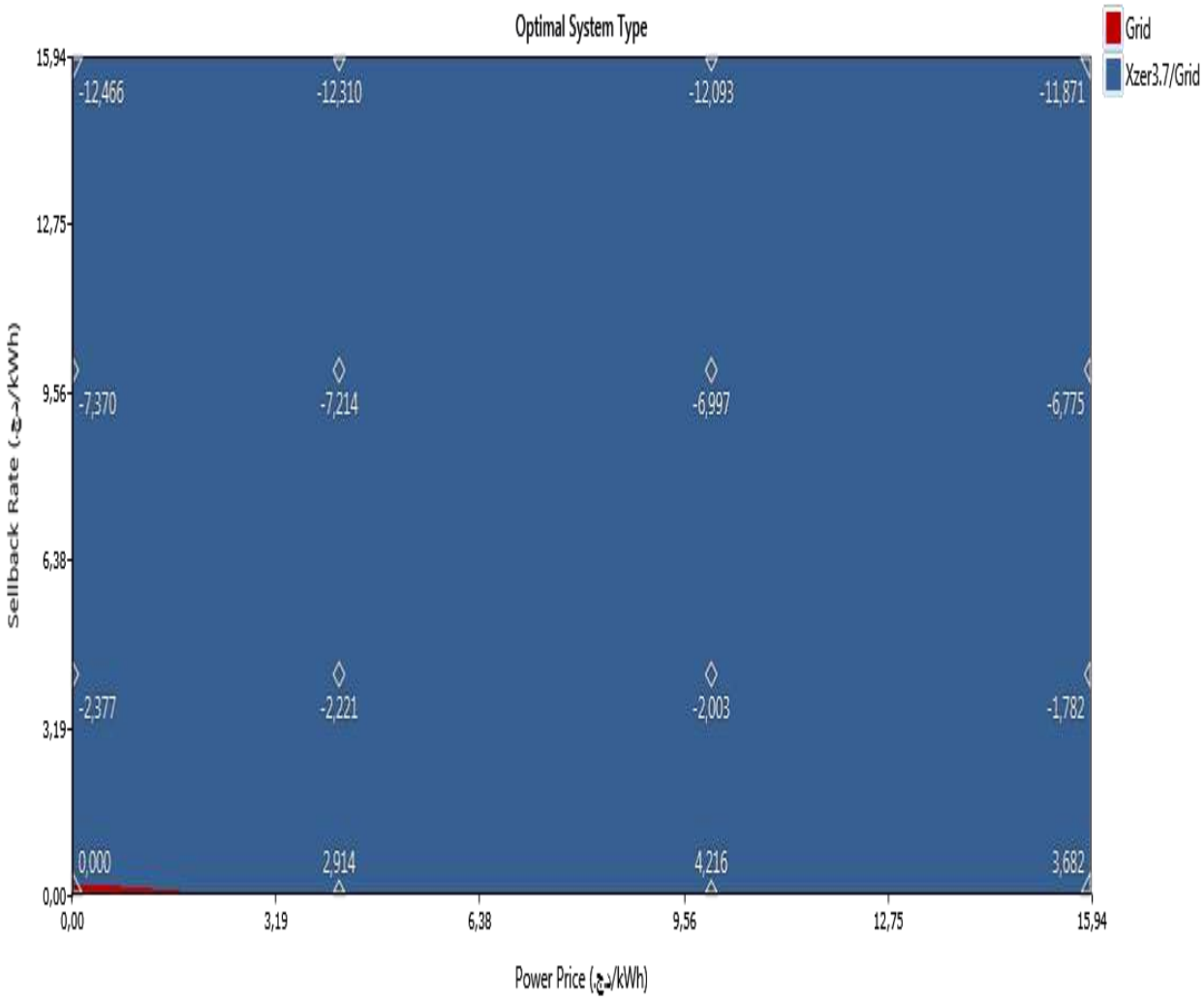


Figure 5.8 *Résultats graphiques de l'analyse du système éolien seul optimal connecté au réseau pour la consommation d'une maison moyenne avec les coûts évalués initialement*

Le système éolien optimal est comparé avec la situation connectée au réseau dans le cas où le réseau n'est pas déjà disponible à proximité. La distance de la résidence au réseau à partir de laquelle il devient rentable d'avoir un système éolien autonome est 24,4km (Figure5.9).

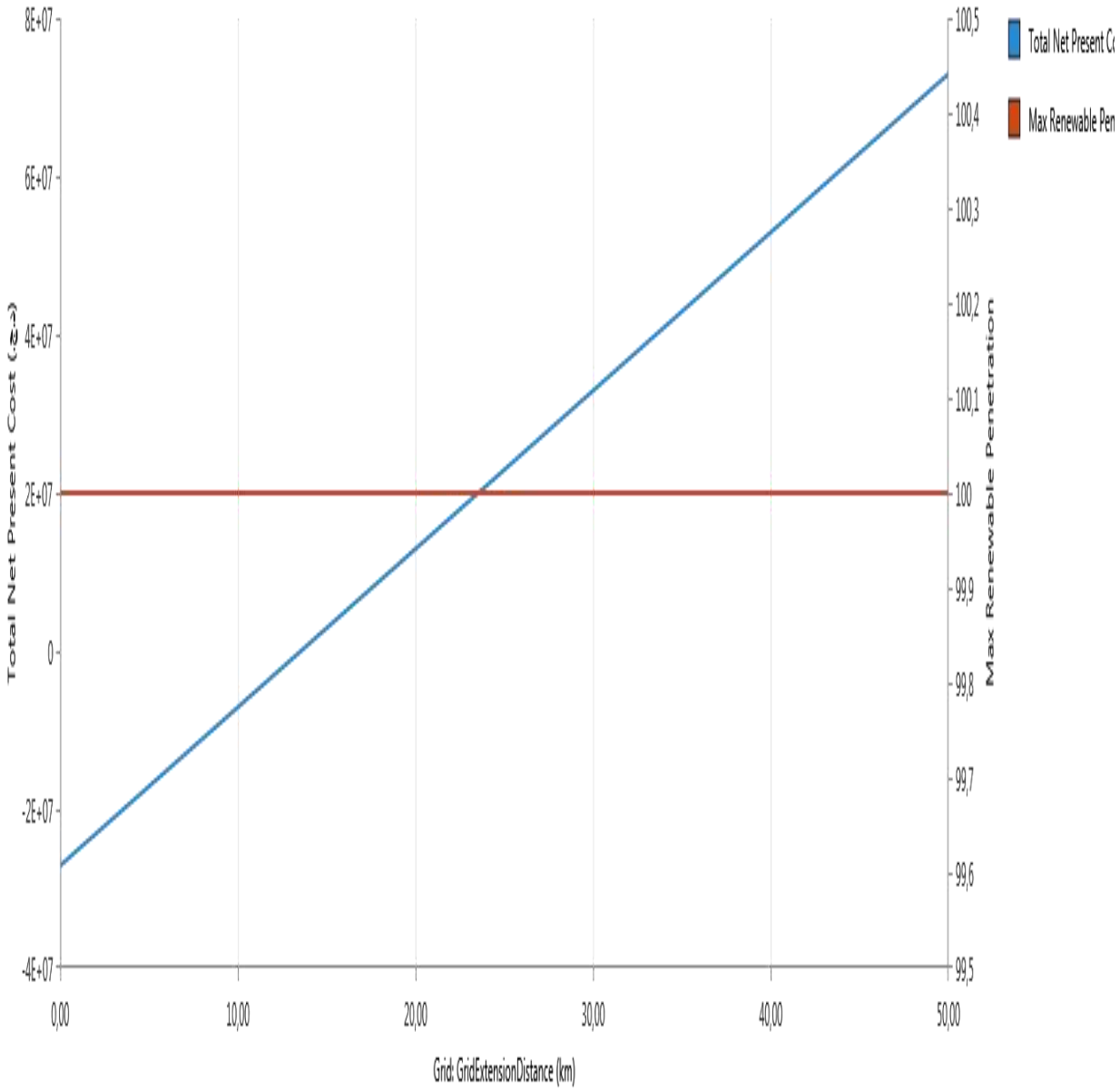


Figure 5.9 *Analyse de la distance du réseau pour le seuil de rentabilité du système éolien en comparaison avec le système connecté au réseau*

5.2.2.3 Études du système hybride (photovoltaïque, éolien) connecté au réseau local sans génératrice diésel

Tableaux 5.4 *résultats d'analyses de sensibilité de Systèmes hybrides connectés au réseau local*

Prix d'électricité 4,1789DA/kWh, prix de rachat de l'électricité 15,94 DA/KWh, Réaux locale

Jinko60/275 (kW)	Xzer3.7	Dis12V	Grid (kW)	Converter (kW)	COE (د.ج)	NPC (د.ج)
8,00	14		6,00	8,00	-12,48 د.ج	-35,7 د.ج M

Prix d'électricité 4,1789DA/kWh, prix de rachat de l'électricité 4,1789 DA/KWh, Réaux locale

Jinko60/275 (kW)	Xzer3.7	Dis12V	Grid (kW)	Converter (kW)	COE (€)	NPC (€)
8,00	14		6,00	6,00	-2,04 €	-5,76 €M

Prix d'électricité 15,94 DA/kWh, prix de rachat de l'électricité 4,1789DA/KWh, Réaux locale

Jinko60/275 (kW)	Xzer3.7	Dis12V	Grid (kW)	Converter (kW)	COE (د.ج)	NPC (د.ج)
8,00	14		6,00	6,00	-1,87 د.ج	-5,29 د.ج M

Prix d'électricité 15,94 DA/kWh, prix de rachat de l'électricité 1,0DA/KWh, Réaux locale

Jinko60/275 (kW)	Xzer3.7	Dis12V	Grid (kW)	Converter (kW)	COE (د.ج)	NPC (د.ج)
2,00	6		6,00	2,50	1,61 د.ج	1,83 د.ج M

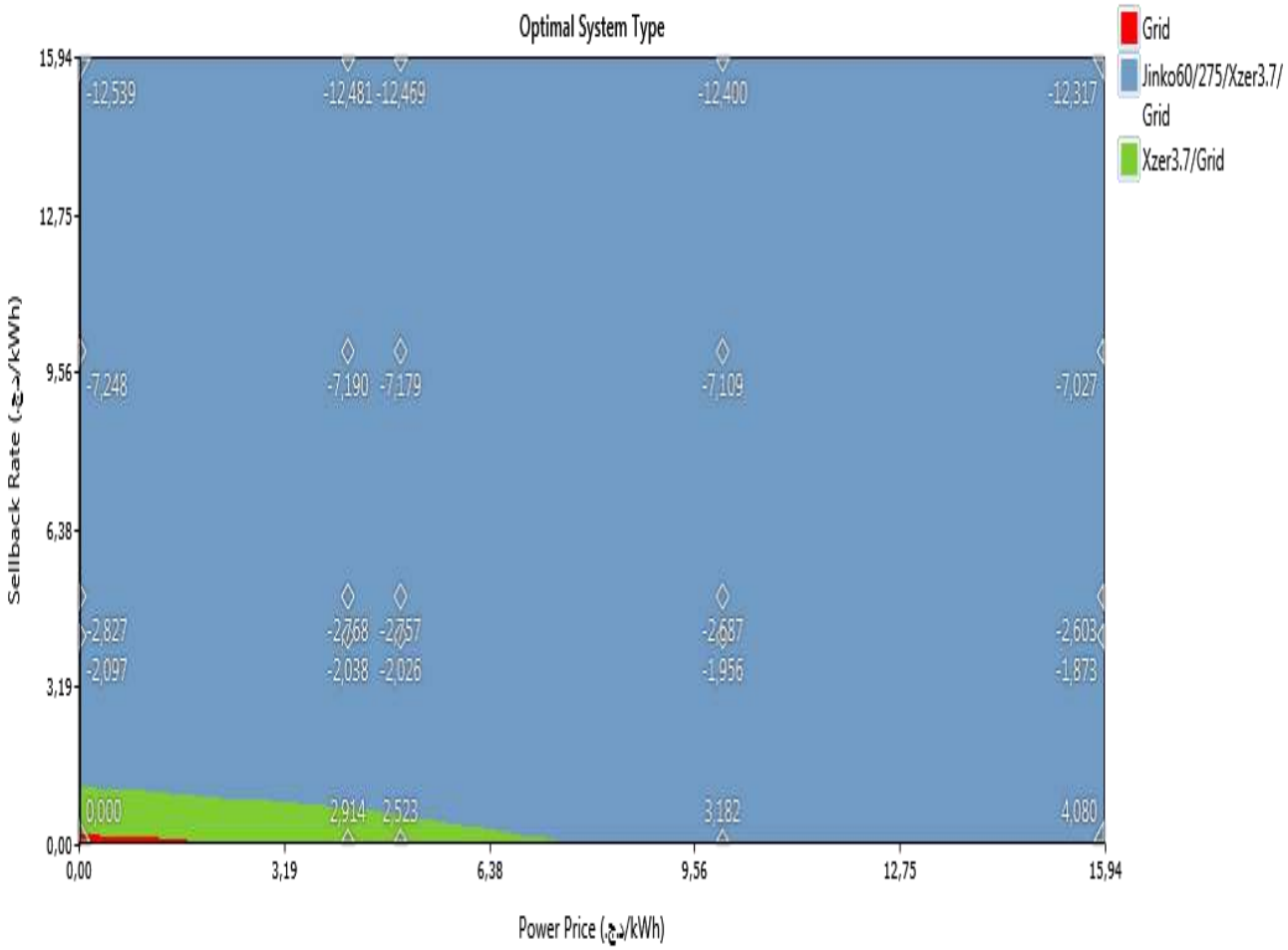
Prix d'électricité 4,1789 DA/kWh, prix de rachat de l'électricité 1,0DA/KWh, Réaux locale

Jinko60/275 (kW)	Xzer3.7	Dis12V	Grid (kW)	Converter (kW)	COE (د.ج)	NPC (د.ج)
	4		6,00		1,17 د.ج	847 056 د.ج

L'analyse de sensibilité de tableau 5.2 est détaillée graphiquement sur la Figure 5.10, Les paramètres étudiés sont le prix de rachat de l'électricité au réseau sur l'axe des ordonnées et le coût de l'électricité du réseau sur l'axe des abscisses. La zone en couleur rouge est celle pour laquelle le réseau est préférablement alors que dans la zone verte, il devient avantageux d'ajouter des éoliens au système.

Dans la zone bleue lors d'augmentation le coût de rachat.il est intéressant d'installer des panneaux solaires, des éoliennes dans le système pour plus de rentabilité,

Figure 5.10 *Résultats graphiques de l'analyse des systèmes hybride sans génératrice diésel connectés au réseau pour la consommation d'une maison moyenne avec les coûts évalués initialement*



5.2.2.4 Analyses de sensibilité des Systèmes hybrides (photovoltaïque, éolien) connectés au réseau éloigné sans génératrice diésel

Le système hybride connectée au réseau dans le cas où le réseau n'est pas déjà disponible à proximité. La distance de la résidence au réseau joue un rôle important du cout de KWh produit. Le tableau 5.3 représente les résultats de calcule avec un distance de 50km center le réseau existant et la résidence. D'après les résultats de calcule dans le cas où la distance entre le réseau et le système étudier est inferieur de1km on remarque que le système photovoltaïque, éolien est rentable à long terme avec l'augmentation du cout de rachat.

Tableaux 5.5 *résultats d'analyses de sensibilité de Systèmes hybrides sans génératrice diésel connectés au réseau avec une distance de50km*

Prix d'électricité 4,1789DA/kWh, prix de rachat de l'électricité 15,94 DA/KWh, Réaux éloigné (50km)

Jinko60/275 (kW)	Xzer3.7	Dis12V	Grid (kW)	Converter (kW)	COE (د.ج)	NPC (د.ج)
8,00	14		6,00	8,00	22,53 د.ج	64,3 د.ج M

Prix d'électricité 4,1789DA/kWh, prix de rachat de l'électricité 4,1789DA/KWh, Réaux éloigné (50km)

Jinko60/275 (kW)	Xzer3.7	Dis12V	Grid (kW)	Converter (kW)	COE (د.ج)	NPC (د.ج)
8,00	14		6,00	6,00	33,37 د.ج	94,2 د.ج M

Prix d'électricité 15,94 DA/kWh, prix de rachat de l'électricité 4,1789 DA/KWh, Réaux éloigné (50km) ,

Jinko60/275 (kW)	Xzer3.7	Dis12V	Grid (kW)	Converter (kW)	COE (د.ج)	NPC (د.ج)
8,00	14		6,00	6,00	33,53 د.ج	94,7 د.ج M

D'après les résultats de calcule dans le cas où le réseau n'est pas déjà disponible à proximité. La distance de la résidence au réseau laquelle il devient rentable d'avoir un système autonome figure 5.11

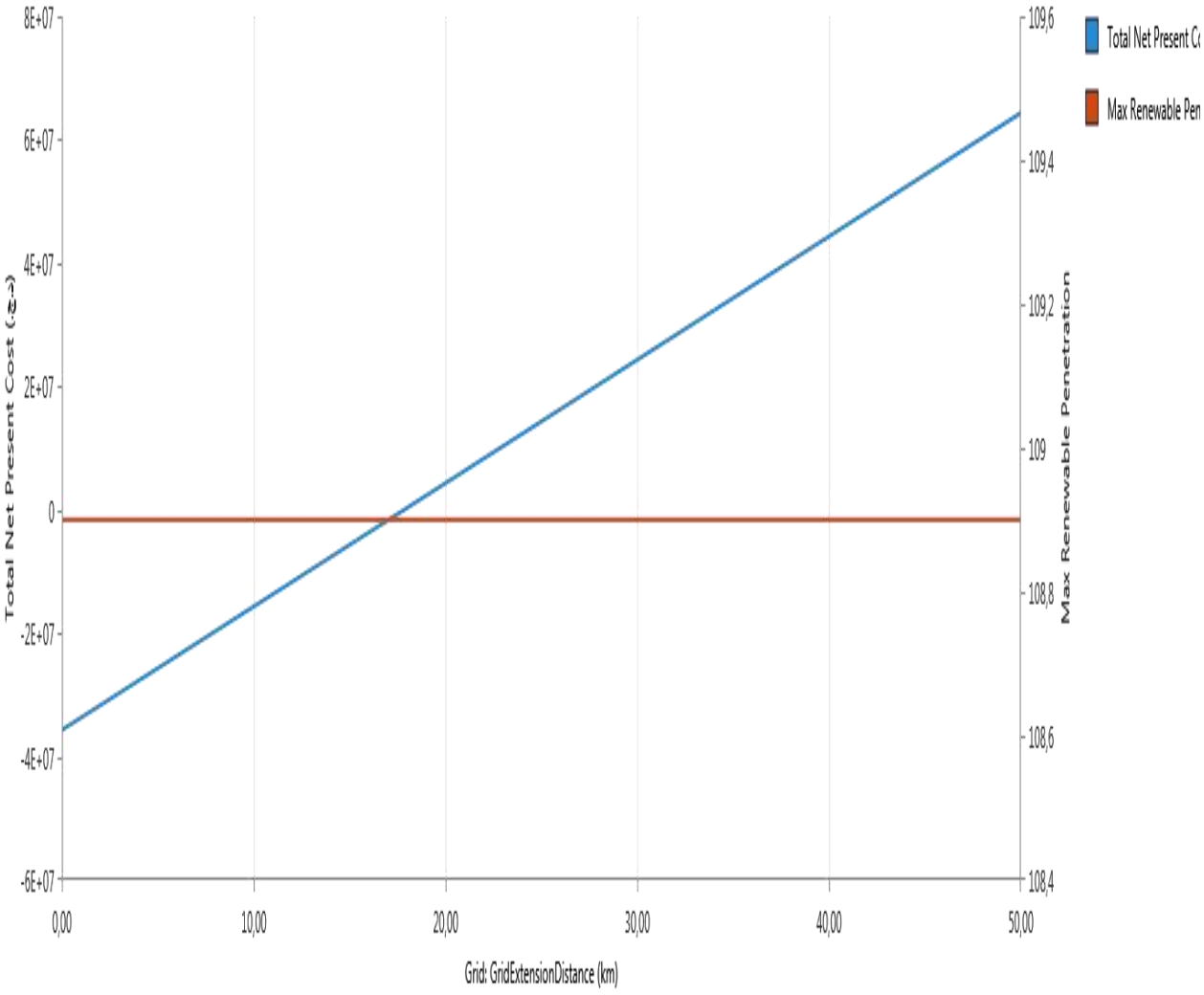


Figure 5.11 *Analyse de la distance du réseau pour le seuil de rentabilité du système hybride sans génératrice diésel connecté au réseau*

En faisant la comparaison du système hybride sans génératrice autonome avec la situation connectée au réseau, on remarque que le réseau doive être à plus de 17 km pour que le système devienne intéressent et rentable.

5.2.3 Analyses de sensibilité d'un système hybride (photovoltaïque, éolien) connecté au réseau local avec génératrice diésel

Tableaux 5.6 *résultats d'analyses de sensibilité de Systèmes hybrides avec génératrice diésel connectés au réseau local*

Prix d'électricité 4,1789DA/kWh, prix de rachat de l'électricité 15,94 DA/KWh, Réaux locale

Jinko60/275 (kW)	Xzer3.7	Gen10 (kW)	Dis12V	Grid (kW)	Converter (kW)	COE (دج)	NPC (دج)
8,00	14	10,0		6,00	8,00	-9,80 دج	-64,8 دجM

Prix d'électricité 4,1789DA/kWh, prix de rachat de l'électricité 4 ,1789 DA/KWh, Réaux locale ,

Jinko60/275 (kW)	Xzer3.7	Gen10 (kW)	Dis12V	Grid (kW)	Converter (kW)	COE (دج)	NPC (دج)
8,00	14			6,00	6,00	-2,04 دج	-5,76 دجM

Prix d'électricité 15,94 DA/kWh, prix de rachat de l'électricité 4,1789DA/KWh, Réaux locale ,

Jinko60/275 (kW)	Xzer3.7	Gen10 (kW)	Dis12V	Grid (kW)	Converter (kW)	COE (دج)	NPC (دج)
8,00	14			6,00	6,00	-1,87 دج	-5,29 دجM

Lors de diminution le coût de rachat.et le coût d'électricité a des bas niveaux le réseau est préférer (zone rouge), lors d'augmentation légère sur les deux coûts l'installation des éoliens dans le système est intéressent, c'est le cout de rachat dépasse les 1,5 DA l'ajoute des panneaux solaires dans le système est préférable quel que soit le prix de l'électricité. Si le prix de rachat est d'dépasse les 4DA, il est avantageux d'ajouter une génératrice dans le système Figure 5.12

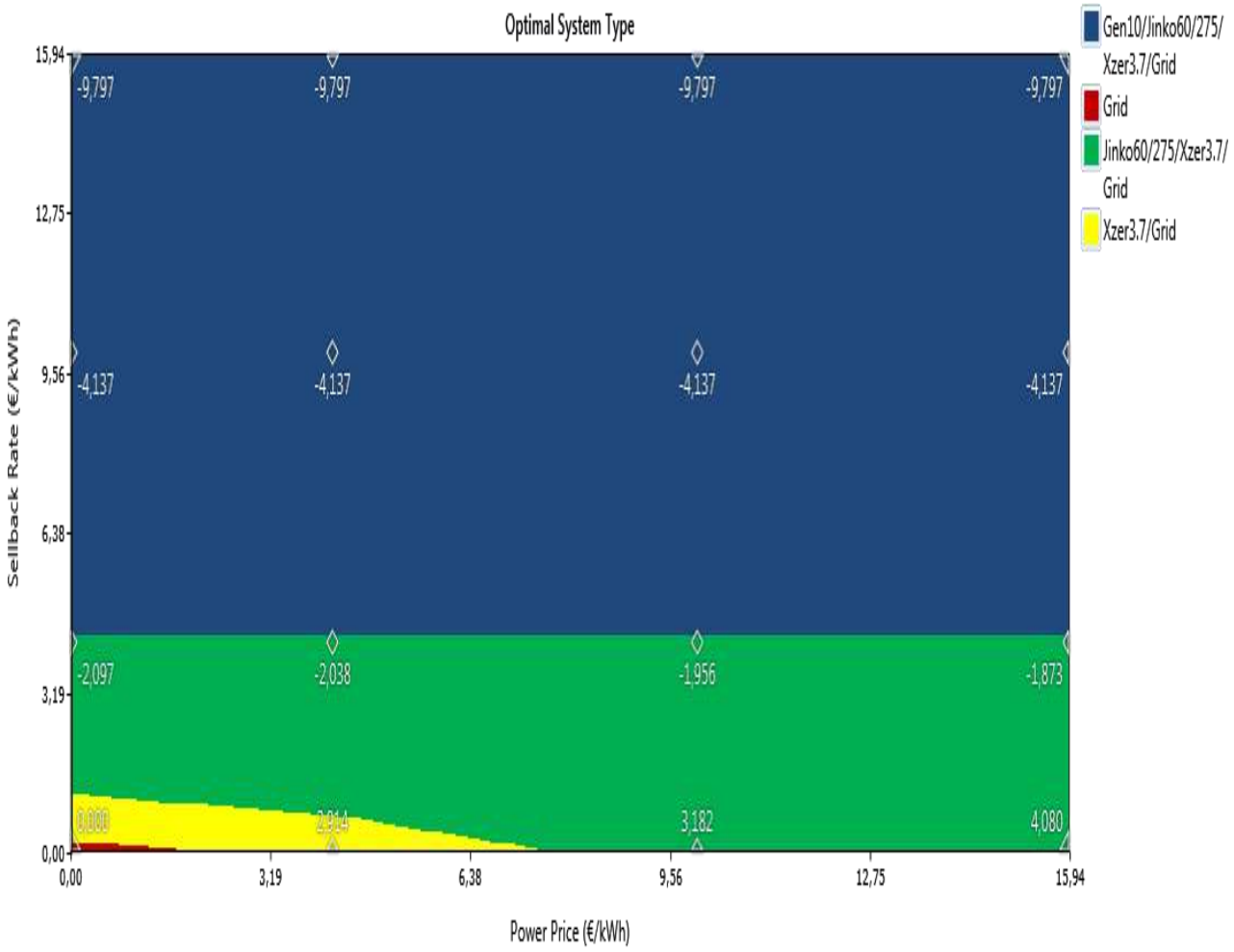


Figure 5.12 *Résultats graphiques de l'analyse des systèmes hybride avec génératrice diésel connectés au réseau local pour la consommation d'une maison moyenne avec les coûts évalués initialement*

5.2.4 Analyses de sensibilité d'un système hybride (photovoltaïque, éolien) connectés au réseau éloigné avec génératrice diésel

Dans la figuere5.13 Les paramètres étudiés sont le prix de rachat de l'électricité au réseau sur l'axe des ordonnées et le prix d'électricité sur l'axe des abscisses. La zone en couleur rouge est celle pour laquelle le réseau est préférable alors que dans la zone noir, il devient avantageux d'ajouter des éoliens au système.

Dans la zone verte lors d'augmentation le coût de rachat.il est intéressant d'ajouter des panneaux solaires,

Lors d'augmentation le coût de rachat, et le coût d'électricité ne déplace pas les 4 DA il est intéressent D'ajouter d'un génératrice au système (zone bleue),

Dans la zone grise, lorsque le coût d'électricité augmente, il est intéressant d'ajouter des batteries dans le système pour plus de rentabilité, et minimiser le coût de KWh produit.

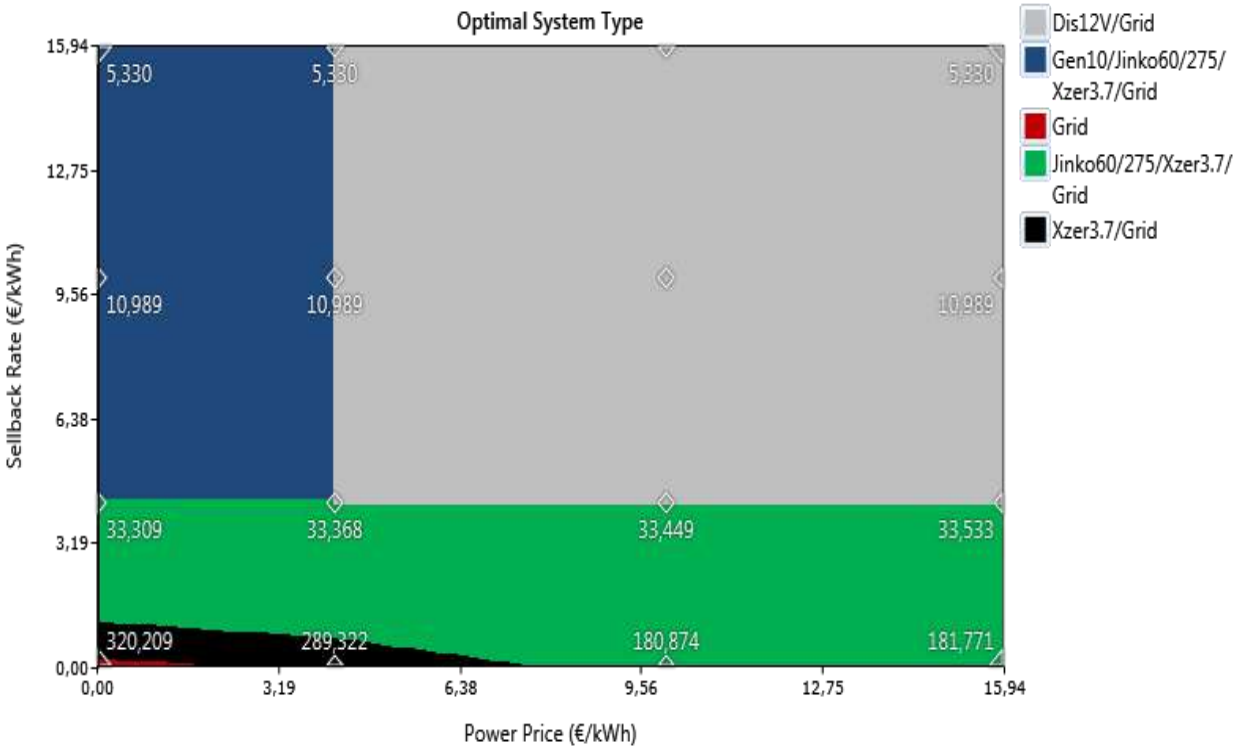


Figure 5.13 *Résultats graphiques de l'analyse des systèmes hybride avec génératrice diésel connectés au réseau éloigné pour la consommation d'une maison moyenne avec les coûts évalués initialement*

D'autre part Plus la distance entre le réseau et le système est important et le prix de rachat est Réduit, plus le coût de KWh est élevé, dans ce cas le système autonome est préférer et plus rentable figure 5.14.

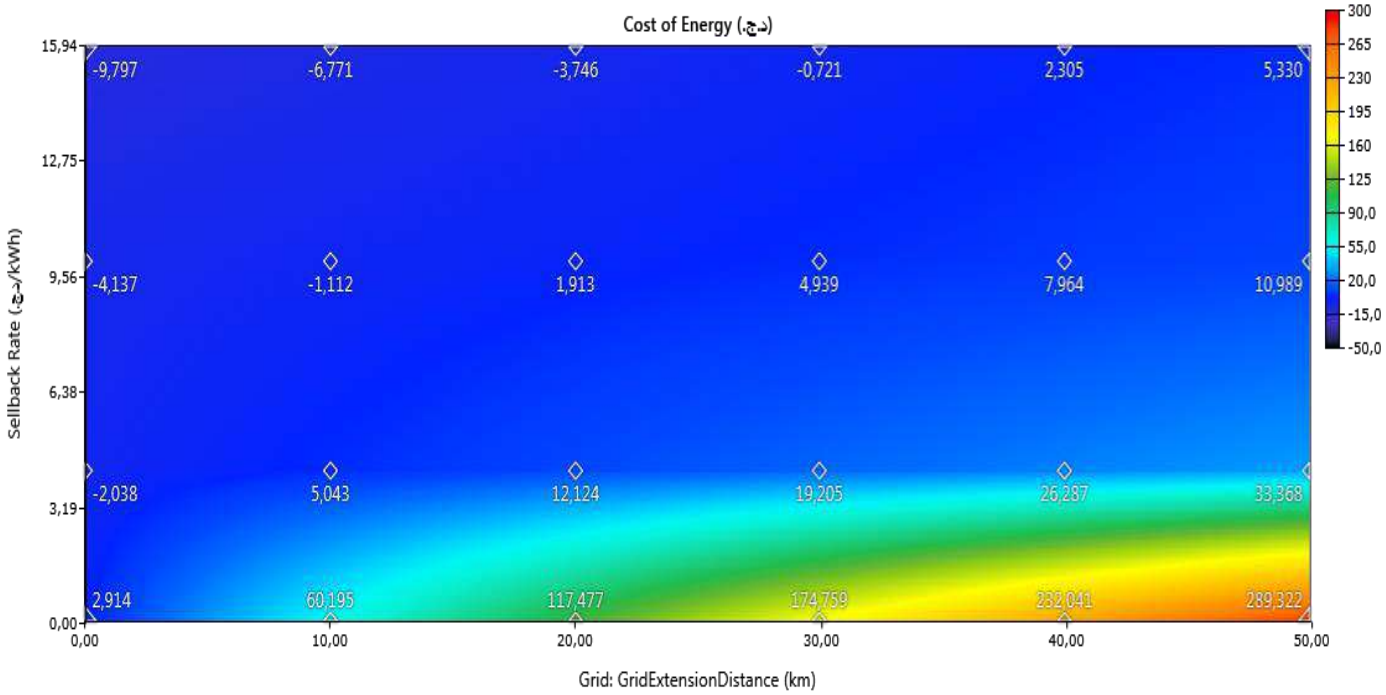


Figure 5.14 *Résultats graphiques de l'analyse des systèmes hybride avec génératrice diésel connectés au réseau éloigné pour la consommation d'une maison moyenne avec les coûts évalués initialement*

En faisant la comparaison du système hybride avec génératrice autonome et de la situation connectée au réseau, on obtient que le réseau doive être à plus de 29 km pour que le système devient intéressent et rentable Figure 5.15.

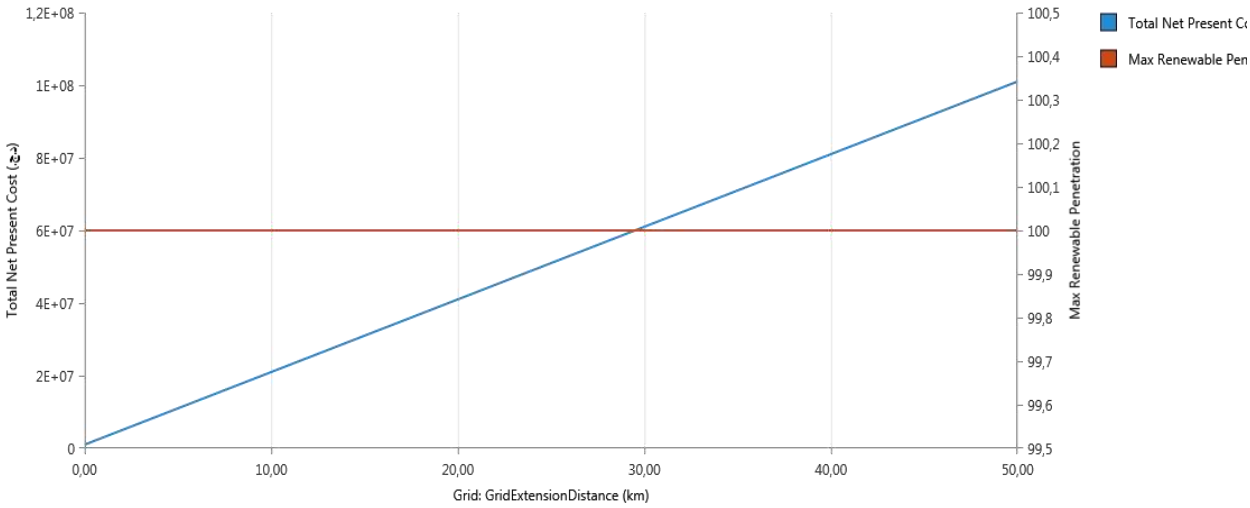


Figure 5.15 *Analyse de la distance du réseau pour le seuil de rentabilité du système hybride avec génératrice diésel connecté au réseau éloigné*

5.3 Résultats généraux des analyses et des simulations

En faisant un survol de tous les résultats et simulations, on en déduit tout d'abord que le gisement ayan une influence complexe sur les coûts et l'excès d'énergie, alors que le coût de revient de l'énergie en DA/kWh est simplement lié au gisement de la source d'énergie (solaire ou éolienne).

Dans le cas des systèmes seuls autonomes, les coûts initiaux pour le éolien sont très élevés et le coût de revient d'énergie aussi, alors que pour le photovoltaïque et le diésel, le coût de revient est similaire. La seule différence est issue de la provenance des coûts, le système PV a des coûts initiaux importants, alors que la génératrice diésel a des coûts en carburant non négligeables.

Pour la comparaison des systèmes hybrides hors réseau, le système photovoltaïque, éolien, diésel avec batteries est le choix optimal avec les coûts offerts présentement. Si on effectue des analyses de sensibilité sur les différents coûts des équipements, le système photovoltaïque-éolien-diésel avec batteries devient intéressant et le système photovoltaïque avec génératrice est toujours bon dernier choix.

Les systèmes hybrides sont mieux performent que les systèmes seuls et nécessitent moins de batteries.

Si on étudie la situation connectée au réseau, lors de diminution des couts de rachat de l'électricité, le réseau est favorable, mais si les coûts augmentent l'ajout de panneaux ou d'éoliennes peut devenir rentable.

En faisant la comparaison des systèmes autonomes avec les situations connectées au réseau,

On obtient pour le système photovoltaïque que le réseau doive être à plus de 22,7km pour être intéressant, alors qu'il ne faut que 24,4 km pour que le système éolien devient rentable.et il ne faut que

Lorsque le réseau est à plus de 17 km, le système hybride est intéressant.

Pour la situation connectée au réseau étudiée à la fois avec panneaux solaires et éoliennes sans génératrice diésel, avec une légère augmentation des coûts d'électricité, il devient rentable d'ajouter des éoliennes et des panneaux solaires au système.

L'étude du cas connecté au réseau locale avec les PV, les éoliennes, les batteries et la génératrice diésel, on remarque dès que le coût de rachat est supérieur à 4 ,8 DA/kWh et que le coût de l'électricité est d'un peu plus de 4,8DA/kWh, le système photovoltaïque-éolien-diésel connecté au réseau devient intéressant.

Lorsque le prix de rachat est diminué moins de 4,8 DA dans ce cas l'utilisation de génératrice et pas rentable.

La situation connectée au réseau, on remarque que le réseau doive être distance à plus de 29 km pour que le système photovoltaïque-éolien-diésel connecté au réseau devient intéressent et rentable.

5.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté une méthode de dimensionnement optimal par logiciel(Homer) du système hybride et du banc de batteries avec ou sont générateur diésel de production d'électricité autonome et connectée au réseau et calcule coût minimal de KWh/DA et dimensionnement optimal de systèmes hybrides

CONCLUSION GENERAL

CONCLUSION GENERAL

Il est rentable économiquement d'installer des panneaux solaires et des éoliennes dans le Systèmes avec génératrice diésel et si les coûts des équipements ou du diésel évoluent, la variation de nombre de ces équipements à ce systèmes sera justifié. Quand les coûts d'électricité auront légèrement augmenté et que les coûts de rachat de l'électricité par le réseau seront intéressants, l'ajout des panneaux solaires, d'éoliennes et de génératrice diésel au système sera rentable tout jours pour. La distance 29 km entre le site de la demande énergétique et le réseau justifie un système isolé et autonome pour la consommation équivalente à une résidence moyenne à Aoulef (Adrar).

Cette distance devient 17 km dans le cas du système sans générateur.

Voici maintenant un retour sur l'hypothèse principale, les questions et objectifs de recherche et une présentation des nouvelles voies à étudier entourant le sujet de ce mémoire.

Hypothèse principale et vérification. Effectivement, le système photovoltaïque, éolien hors réseau en Algérie permet de diminuer l'intermittence du système et donc, de diminuer la quantité d'accumulateurs nécessaires. Cette diminution du nombre d'accumulateurs et de la taille des systèmes installés permet de réaliser des économies on générale

Questions de recherche. Les questions de recherche ont été résolues:

 Est-ce qu'en région isolée en Algérie, les systèmes hybrides photovoltaïques, éoliens sont économiquement et techniquement viables en comparaison avec les systèmes photovoltaïques et éolien seuls? Oui, ils sont préférables aux systèmes seuls.

 Est-ce ce que ces mêmes systèmes sont viables en comparaison avec la situation actuelle génératrice diesel ou le réseau ? Les systèmes hybrides avec génératrice diésel sont préférables au système diésel seul, mais les systèmes hybrides sans génératrice ne sont pas préférables.

Pour la situation connectée au réseau, il est rentable d'ajouter des panneaux solaires ou des éoliennes au système si les coûts d'électricité réduit et si le coût de rachat de l'électricité augmente.

Quels logiciels sont reconnus et facilement accessibles (coût, facilité d'utiliser, champ

d'application) pour réaliser de telles études ? Le logiciel HOMER est un outil très fiable, robuste et facile d'utilisation avec de nombreuses possibilités d'analyses.

Objectifs spécifiques. Les objectifs spécifiques du projet ont été atteints:

1. *Identifier au moins deux logiciels nécessaires pour la réalisation du projet* : HOMER Et RETScreen,

2. *Sélectionner les sites pour l'étude* : Aoulef pour le sud d'Algérie, El Taref au Nord-Est (faible gisement solaire) et Tlemcen au Nord-Ouest du pays (champ à vent faible).

3. *Effectuer la comparaison en tenant compte du côté technique et économique* :

Le dimensionnement a été réussi pour les équipements des systèmes et les coûts ont été évalués**,**

4. *Faire une analyse comparative entre les données fournies par les deux logiciels*:

L'étude des coûts pour les systèmes seuls a été réalisée avec HOMER et RETScreen.

Objectifs généraux. Les objectifs ont été atteints en comparant des systèmes hybrides photovoltaïques, éoliens avec des systèmes photovoltaïque ou éolien seuls pour certains sites hors réseau au sud Algérie et par rapport à d'autres sites au Nord. La comparaison avec des systèmes avec des génératrices au diésel et avec la situation connectée au réseau a été faite.Le but de ce mémoire a donc été atteint.

Nouvelles voies à étudier. Des études similaires pourraient être faites pour différents lieux en Algérie. Des analyses de sensibilité pourraient être réalisées au niveau des différentes technologies de panneaux solaires et avec différentes éoliennes. Il pourrait y avoir une analyse détaillée avec les autres consommations, consommation sans chauffage ou sans climatisation et consommation en utilisant des appareils électriques efficaces et une comparaison des résultats avec la présente étude afin de déterminer si les conclusions sont maintenues ou si le profil de consommation apporte du changement. mais il pourrait y avoir une analyse sociale et environnementale sur les systèmes étudiés dans ce mémoire. Il pourrait y avoir des recherches qui mèneraient à des méthodologies de dimensionnement pratique pour les systèmes seuls et hybrides qui pourraient alimenter et enrichir la littérature déficiente à ce sujet. Au niveau des données de gisement, avec les statistiques déjà accumulées, il pourrait être intéressant de ne pas fournir simplement le nombre possible de jours consécutifs sans

soleil, mais aussi le nombre de jours consécutifs sans vent et surtout, le nombre de journées consécutives sans soleil ni vent, ces données faciliteraient le dimensionnement des appareils et les études préliminaires à l'implantation des technologies solaires photovoltaïques, éoliennes et hybrides.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1]: Djamel BELAID, Collection Brochures Agronomiques ALGERIE: installer des panneaux solaires dans sa maison / Les potentialités de l'autoconsommation, Edition 2017

[2]. belanger-gravel Joséanne, Ecole polytechnique de Montréal/ mémoire, analyse technico-économique d'un système hybride éolien photovoltaïque en comparaison avec les systèmes photovoltaïques éolien seuls, 2011.

[3]. (www.Efitherma.com)

[4]: Ai, B., Yang, H., Shen, H., & Liao, X. (2003). Computer-aided design of PV/wind hybrid system.Renewable Energy, 28(10), 1491-1512

[5]: Himri, Y., Boudghene Stambouli, A., Draoui, B., & Himri, S.. Techno -economical study of hybrid power system for a remote village in Algeria. Energy, 33 (7), 1128-1136 (2008)

[6]. M. KARA Abdelfattah, Dimensionnement et analyse du coût d'un système hybride de production d'énergie renouvelable pour dessites isolés en Algérie, Mémoire de Master, 24/06/2014, Université de Sétif1

[7].Journal of Scientific Research & Engineering Technology (IJSET))) pp. 30-35(Copyright IPCO-2016) Optimisation Tecnico-Economique de la Production de l'Electricité à Partir des Energies Renouvelables Maamri Mokhtar#1, Bouzeboudja Hamid*2, Tandjaoui Mohammed Naseer#3(FIGURE)

[8]. Diaf , M. Haddadi et M. Belhamel, Revue des Energies Renouvelables Vol. 9, N°3 (2006) 127 – 134 Analyse technico économique d'un système hybride (photovoltaïque/éolien) autonome pour le site d'Adra**r** 1*21 S. (reçu le 03 Juin 2006 - accepté le 30 Septembre 2006)

[9].l'article 3990 –prix d'achat gratuit du journal officiel N°23 le 23/04/2014

[10] . Funabashi, T., Senjyu, T., Hayashi, D., Yona, A., & Urasaki, N. (2007). Optimal configuration of power generating systems in isolated island with renewable energy. *Renewable Energy, 32* (11), 1917-1933. doi: 10.1016/j.renene.2006.09.003

ANNEXES

ANNEXES1 : Présentation de 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 RenewableEnergyLaboratory), il a ensuite subi de nombreuses améliorations dans plus de 40 nouvelles versions. La version utilisée pour le présent projet est HOMER 2.68 beta sortie en juillet 2009. Depuis, il y a eu 2 nouvelles versions disponibles pour 2.75 et 2.76 qui sont maintenant vendues pour un faible coût 99$US pour les nouveaux utilisateurs et pour 49 $US pour les anciens utilisateurs. La version 2.68 beta est toujours disponible gratuitement. Ce logiciel est largement utilisé dans plus de 190 pays et par plus de 40 000 utilisateurs.

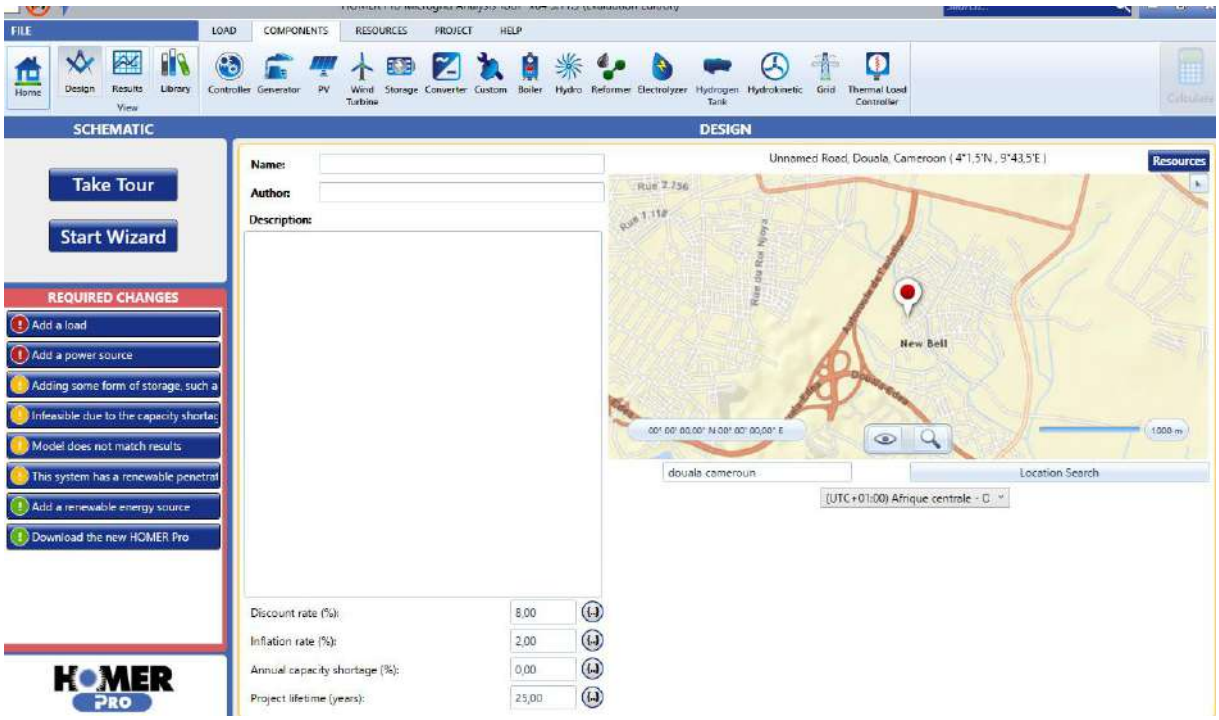


Figure1 *: Interface HOMER –Fichier vierge*

Demande énergétique



Figure 2 *HOMER - Fenêtre de la demande énergétique*

La demande énergétique, dont la fenêtre est illustrée à la figue 1, est simplement la consommation énergétique auquel le système doit répondre. Voici les éléments à fournir :

- Nom ou titre de la demande énergétique,
- Type de charge : AC ou DC (courant alternatif ou courant continu),
- Source des données de demande énergétique,

Profils journaliers de consommation (entrer les données dans la section « sonelgaz »),

- Moyenne annuelle mise à l'échelle (kWh/jour),
- Mesures d'efficacité énergétique
  - * Coût en capital.
  - * Durée de vie (années).

Équipements

Panneaux solaires photovoltaïques

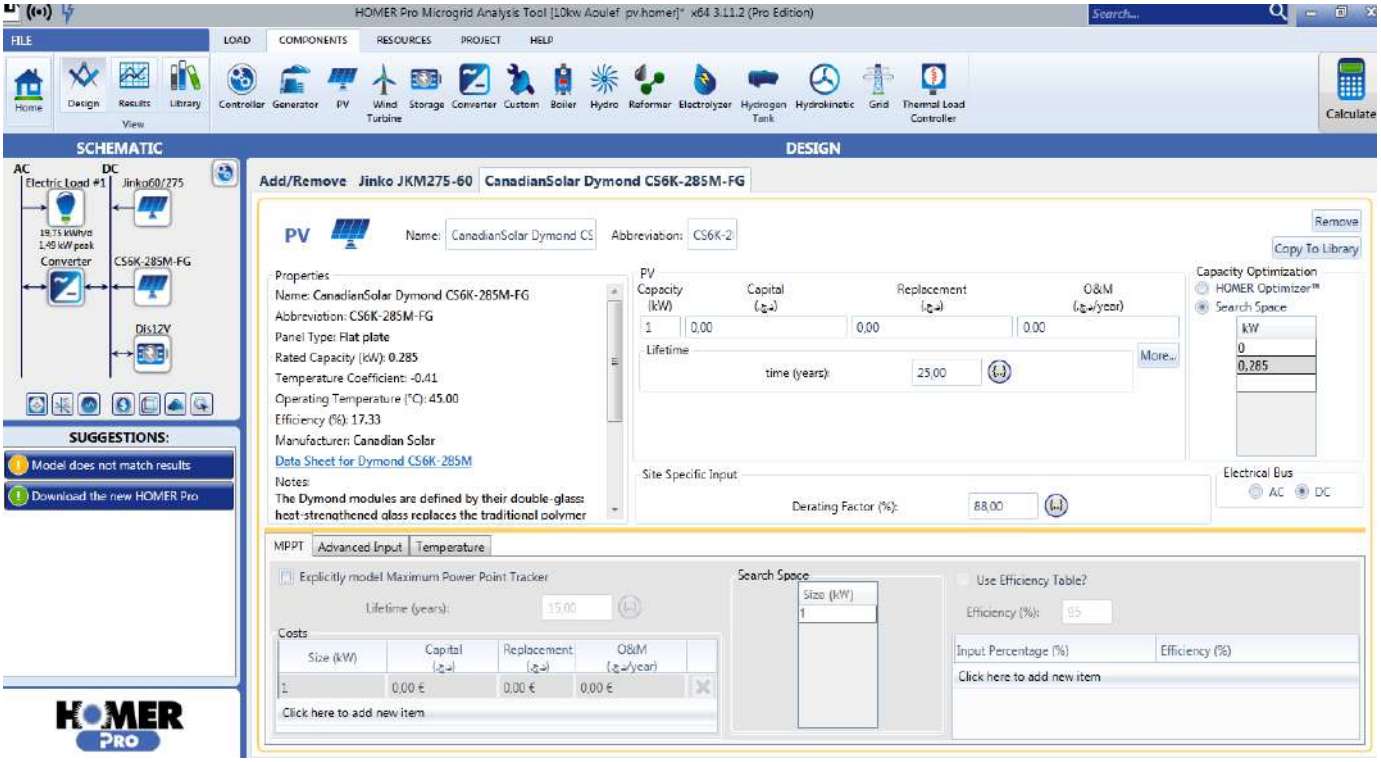


Figure 3*HOMER – Fenêtre des panneaux solaires photovoltaïques*

Pour cette fenêtre, figure 2, il y a 4 sections à remplir : la section des coûts des panneaux, les grandeurs de champ de panneaux à considérer, les propriétés associées aux panneaux et des propriétés avancés que l'on peut compléter. Voici les informations à déterminer pour les coûts :

- Puissance de panneaux auquel le prix est associé (kW),
- Coût en capital de ce type de panneaux ou associé à cette puissance.
- Coût pour le remplacement de ce panneau.
- Coût d'opération et d'entretien des panneaux.

Ensuite, il faut indiquer quelles sont les puissances de panneaux solaires en kW avec lesquelles le logiciel doit faire les simulations dans la section « sizes to consider ». Dans les propriétés, on doit indiquer

- Type de courant de sortie des panneaux, AC ou DC (généralement, courant continu),
- Durée de vie (années),
- Facteur de dévaluation (%),
- Pente des panneaux installés (degrés),
- Azimut (degrés à l'ouest du sud),
- Coefficient de réflexion du sol (%).

Finalement, la section des propriétés avancées peut être complétée. Elle comprend les informations sur le système de suivi du soleil et des informations sur l'effet de la température sur les panneaux. Pour le système de suivi de système, on peut choisir que notre système n'en a pas ou qu'il en a un et qu'il suit le soleil selon l'axe horizontal, selon l'axe vertical ou selon les deux axes. Pour considérer l'effet de la température sur l'efficacité des panneaux, il faut avoir les données suivantes :

- Coefficient de perte de puissance selon la température (%/ºC),
- Température nominale d'opération des cellules du panneau (ºC),
- Efficacité des panneaux aux conditions de tests standards.

Éoliennes

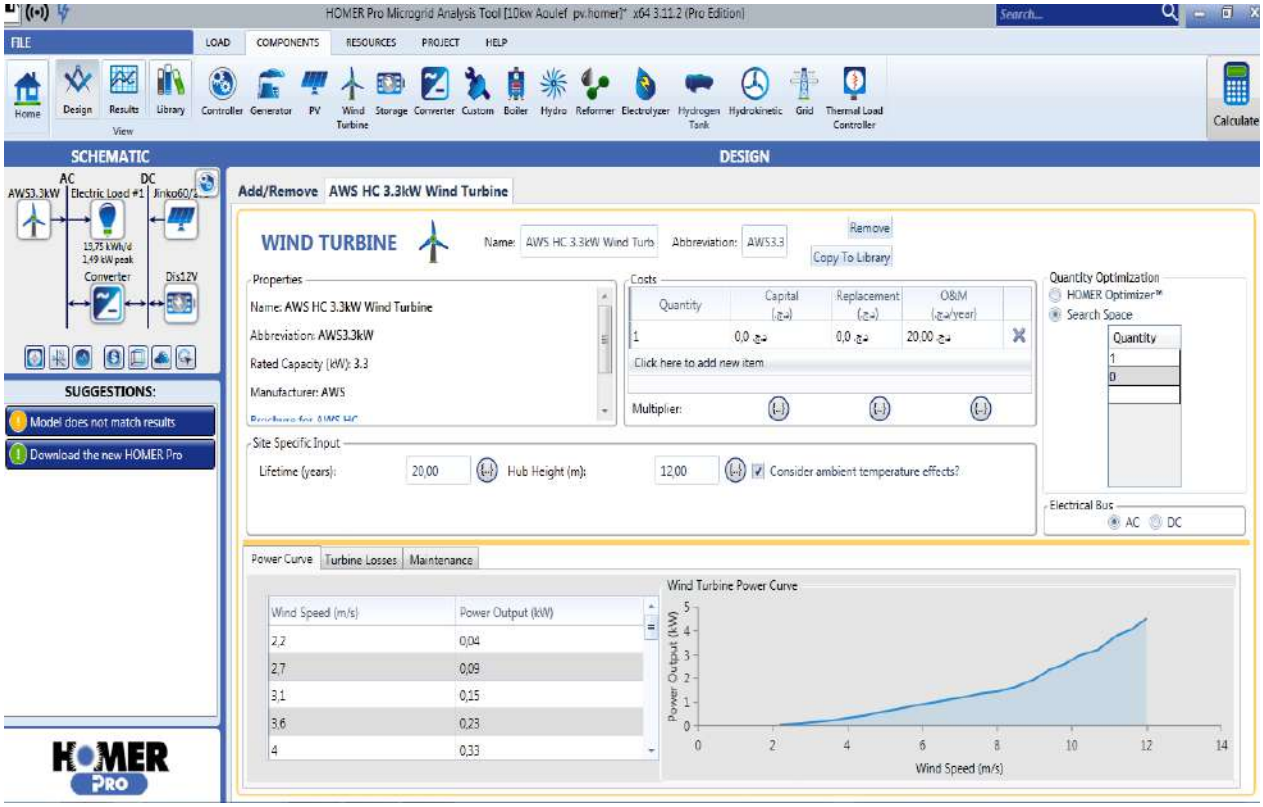


Figure 4 *HOMER - Fenêtre des éoliennes*

Pour les éoliennes, figure 3, on doit choisir un type d'éolienne déjà entrée dans HOMER ou choisir une éolienne générique ou encore entrer un modèle d'éolienne qui n'est pas dans la base de données de HOMER. Une fois le type d'éolienne choisi, les propriétés vont s'afficher automatiquement. Tout comme pour les panneaux solaires, il faut entrer les données des coûts :

- Quantité d'éoliennes (nombre d'éoliennes),
- Coût en capital de cette éolienne .
- Coût pour le remplacement de cette éolienne .
- Coût d'opération et d'entretien des éoliennes .

Ensuite, il faut indiquer quelles sont les quantités d'éoliennes avec lesquelles le logiciel doit faire les simulations dans la section « sizes to consider ». Finalement, il faut aussi indiquer la durée de vie en années et la hauteur du moyeu de l'éolienne en mètres.

Génératrice

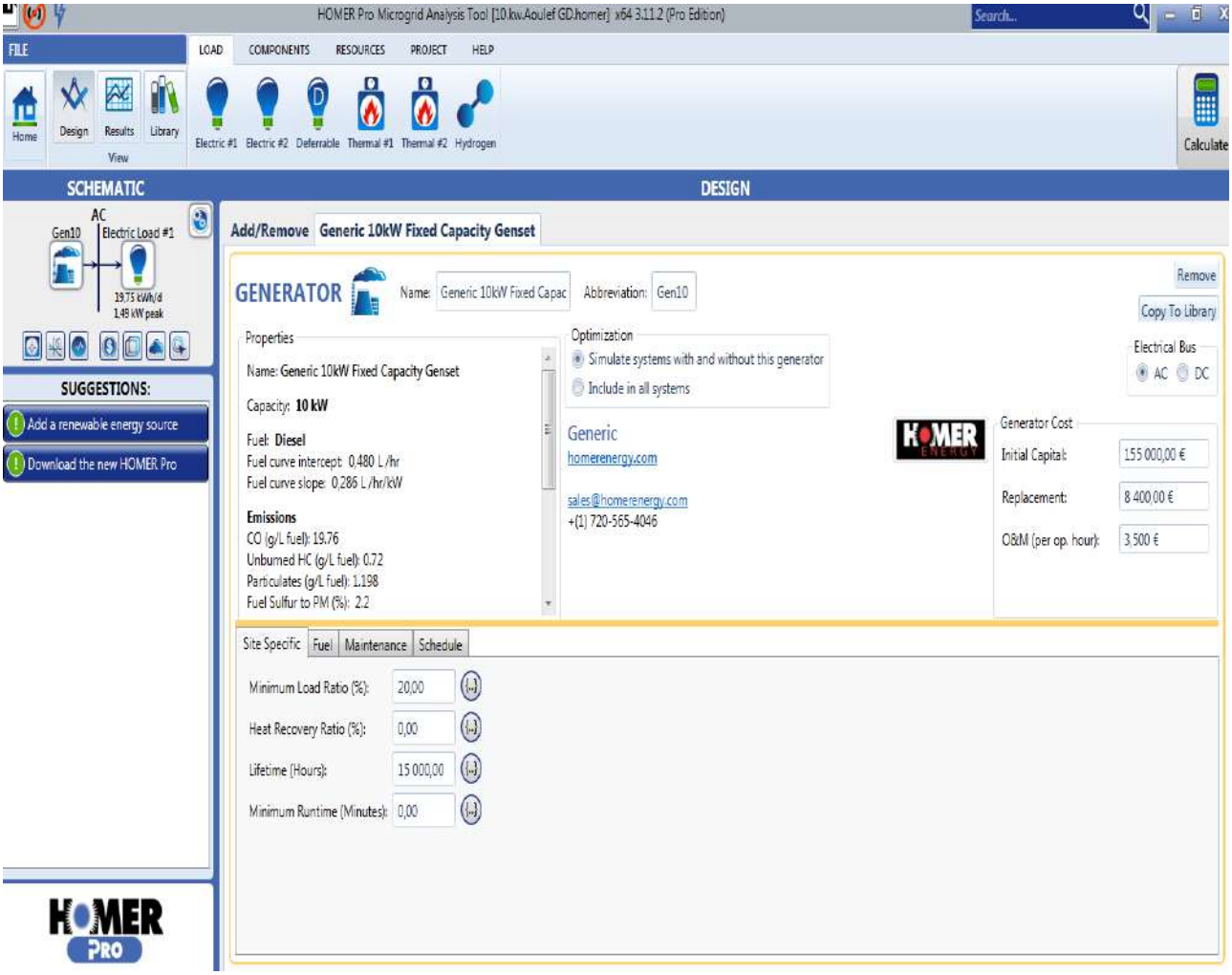


Figure 5*HOMER – Fenêtre pour a génératrice*

Pour la génératrice, figure 4, il y a 4 onglets à remplir, un pour les coûts, un pour les informations concernant le combustible, un autre pour l'horaire de l'utilisation de la génératrice et un dernier pour les émissions émises. Dans l'onglet des coûts, il y a la section des coûts associés à la génératrice. Il faut entrer les données suivantes :

- Puissance des génératrices (kW),
- Coût en capital de cette génératrice .
- Coût pour le remplacement de cette génératrice .
- Coût d'opération et d'entretien des génératrices .

Ensuite, il faut indiquer quelles sont les puissances (kW) avec lesquelles le logiciel doit faire les simulations dans la section « sizes to consider ». Dans la section des propriétés de la génératrice, les zones description et abréviation ne servent qu'à identifier ce type de génératrice. Ensuite, le type de génératrice doit être identifié soit du type courant alternatif ou courant continu. Finalement, la durée de vie en heures et la proportion minimale de charge de la génératrice doivent être déterminées.

Pour l'onglet concernant le combustible, il faut tout d'abord choisir le type de combustible parmi les choix suivants :

Diesel,

Biogaz,

Ethanol,

Essence,

Méthanol,

Gaz naturel,

Hydrogène emmagasiné.

Batteries

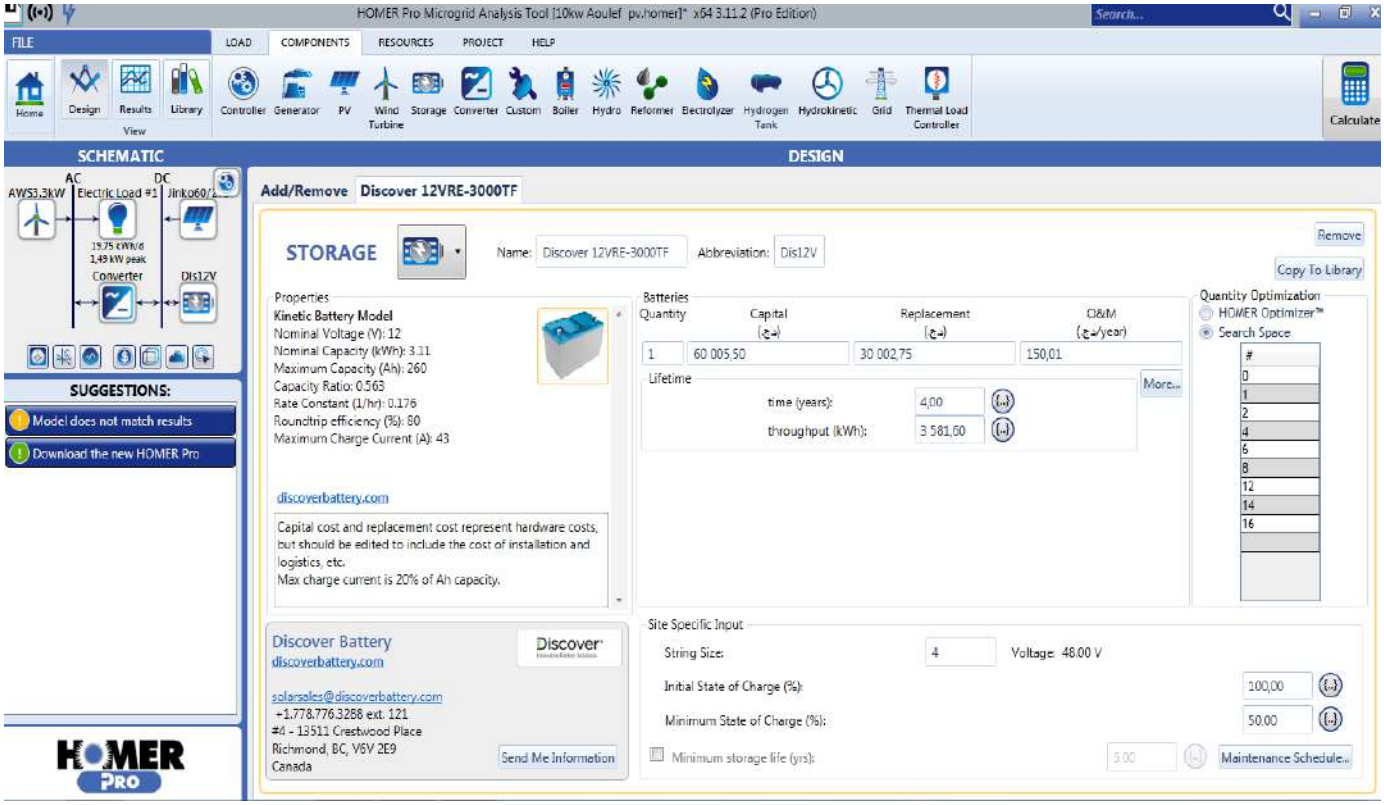


***Figure 6** HOMER – Fenêtre pour les batteries*

Comme pour les éoliennes, pour les batteries, figure 5, on peut choisir un type de batteries déjà entrée dans HOMER ou entrer un modèle de batteries qui n'est pas dans la base de données de HOMER. Une fois le type de batteries choisi, les propriétés vont s'afficher automatiquement. Il faut aussi entrer les données des coûts :

- Quantité de batteries (nombre de batteries),
- Coût en capital de ces batteries.
- Coût pour le remplacement de ces batteries.
- Coût d'opération et d'entretien des batteries.

Ensuite, il faut indiquer quelles sont les quantités de batteries avec lesquelles le logiciel doit faire les simulations dans la section « sizes to considère ». Finalement, dans la section de propriétés avancées, on peut déterminer le nombre de batteries en série qu'il y a dans chaque branche qui sera en parallèle et on peut aussi définir une durée de vie minimale des batteries

Convertisseur (onduleur)

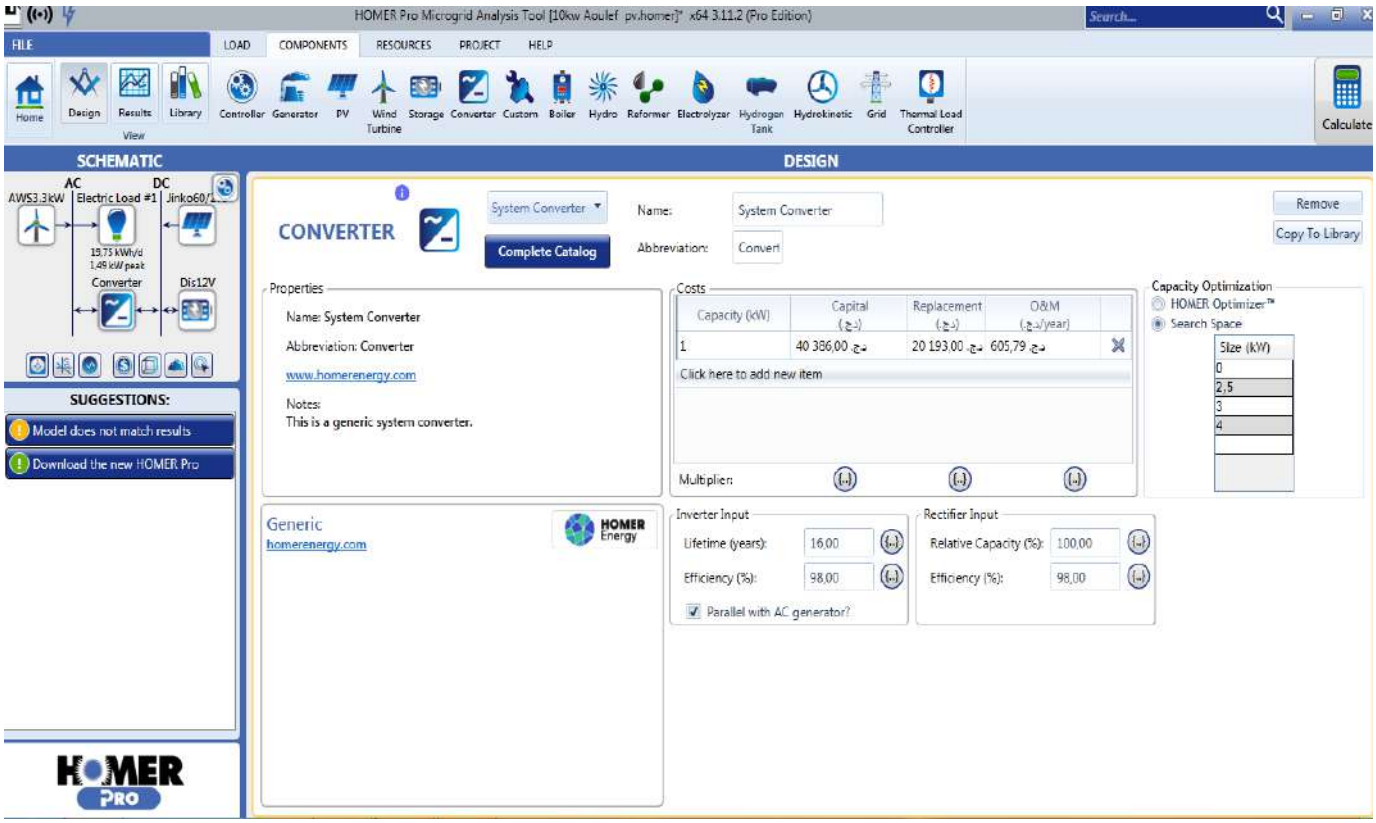


Figure 7 *HOMER – Fenêtre du convertisseur*

Pour les convertisseurs, figure 6, il a la section des coûts associés au convertisseur. Il faut entrer les données suivantes :

- Puissance du convertisseur (kW),
- Coût en capital du convertisseur.
- Coût pour le remplacement du convertisseur.
- Coût d'opération et d'entretien du convertisseur

Ensuite, il faut indiquer quelles sont les puissances (kW) avec lesquelles le logiciel doit faire les simulations dans la section « sizes to consider ». On doit définir la durée de vie en années et l'efficacité (en %) dans la zone de l'onduleur. Ensuite, on identifie si le

convertisseur agit simplement comme onduleur (de DC à AC) ou s'il agit aussi comme un redresseur (de AC à DC). On doit aussi determiner l'efficacité du redresseur (en %).

Ressources Gisement solaire



Figure 8*HOMER – Fenêtre du gisement solaire*

Pour les données de gisement solaire, il ne suffit que d'entrer la longitude et la latitude du lieu désiré, lier le logiciel avec le site de données de gisement de la NASA et cliquer sur l'icône « Get Data Via Internet ». On peut aussi importer un fichier comprenant des données récoltées sur le site même. La dernière option est d'entrer des moyennes mensuelles de gisement solaire (kWh/m^2/jour). Il est aussi possible de mettre les données à l'échelle par rapport à une moyenne annuelle (kWh/m2/jour).

Gisement éolien



Figure 9 *HOMER – Fenêtre de gisement éolien*

Pour le gisement éolien, figure 8, on doit entrer des moyennes mensuelles de gisement éolien (m/s). D'autres paramètres peuvent être entrés : l'altitude au-dessus du niveau de la mer (en m) et la hauteur de l'anémomètre (en m)

ANNEXES 2

Dimensionnement du champ de panneaux

Pour le dimensionnement du champ de panneaux, deux équations sont nécessaires :

Équation 1 : Relation entre le gisement solaire et le nombre d'heures équivalent

$$E_{sol} = N_e \cdot 1000$$

N_e : nombre d'heures équivalent en h/j

E_{sol} : gisement solaire en Wh/(m^2j)

1000 : ensoleillement optimum de 1000 W/m^2

Équation 2 : Relation entre la demande énergétique et la puissance crête

$$E_{elec} = N \cdot P_c$$

E_{elec} : demande énergétique journalière en Wh/j

N : nombre d'heure en h/j

P_c : puissance crête en W_c

La première permet de calculer le nombre d'heures équivalent d'ensoleillement, N_e, pour une journée à partir des données de gisement solaire, E_{sol} en Wh/(m^2j) -- énergie reçue par 1 m^2 en un jour.

En fait, la puissance des panneaux solaires est déterminée sous des conditions standardisées (ensoleillement optimum de 1000W/m^2, à une température de 25°C et sous un ciel clair), donc la première équation permet de déterminer le nombre d'heures équivalent N_e de cet ensoleillement optimal de 1000W/m^2 en utilisant le gisement solaire.

Ayant obtenu le N_e, on peut ensuite prendre la deuxième formule. Celle-ci met en relation la puissance nécessaire à notre système, P_c, à partir de la demande énergétique, E_{elec} en Wh/j. La puissance crête est la puissance des panneaux nécessaires, notée P_c en Watt. La puissance crête est souvent indiquée en W_c pour éviter les confusions d'unités.

En résumé, on trouve d'abord N_e, le nombre d'heures équivalent à partir du gisement solaire, ensuite on calcule P_c, la puissance des panneaux (puissance crête) avec la demande énergétique et le nombre d'heures équivalent.

La demande énergétique utilisée est celle évaluée à l'aide du tableau 1 ou à l'aide de données disponibles. Dans le cas de données déjà disponibles, l'utilisation du pire cas (plus grande consommation) est appropriée pour le pré-dimensionnement. Ensuite on peut ajouter des pertes (pertes dans le système photovoltaïque et pertes de l'onduleur si ce n'est pas déjà pris en compte).

Équation 3 : Puissance crête avec pertes

$$\mathbf{Pc_{finale} = P_C / (C_p * C_{ond})}$$

Pc_{finale} : puissance crête finale en tenant compte des pertes en W_c

P_c : puissance crête avant pertes en W_c

C_{ond} : efficacité de l'onduleur en décimale

C_p : coefficient associé aux pertes de courant de sources variées

Sources de pertes :

- Salissure du panneau – neige, sable, vitrage (courant), 5-15%
- Aux bornes de diodes série (tension)
- Aux bornes du régulateur série (tension)
- Aux bornes des câbles (tension), pertes considérées nulles si câblage optimisé
- Température élevée, pays chaud seulement et selon le type de technologie (tension)
- Régulateur classique (si régulateur MPPT, pas de pertes)
- Efficacité de la batterie
- Perte de début et fin de journée (tension)
- Différence entre puissance réelle du panneau et puissance annoncée (parfois nécessaire)

Si le système est bien dimensionné en tension (modules avec une tension suffisante pour pallier aux pertes en tension), les pertes se résument aux salissures et à l'efficacité de la batterie. Le C_p varie généralement entre 0,65 et 0,9.

Une fois la puissance du champ de panneaux déterminée, on peut trouver, en première approximation, le nombre de panneaux nécessaires, on n'a qu'à diviser la puissance crête par la puissance du modèle de panneaux utilisés. Le nombre de panneaux nécessaires est intéressant à connaître pour évaluer la surface qui serait utilisée par les panneaux. Ceci peut être un indice de la viabilité du projet. À la suite du dimensionnement, on peut obtenir 2 valeurs de puissance crête, celle avec le gisement du pire mois, l'autre avec le gisement moyen de tous les mois.

Lorsqu'on dimensionne simplement, on prend le gisement du pire mois. Pour l'optimisation du système, les 2 valeurs sont intéressantes afin d'obtenir un intervalle de possibilités.

De plus, une fois la puissance crête calculée, on peut déterminer la tension du système. Cette tension est recommandée en fonction de la taille du système selon le tableau 2.

Tableau 1 : Tension recommandée pour un système photovoltaïque

Puissance du champ	0-500Wc	500 Wc- 2kWc	2-10kWc	plus de 10kWc
Tension suggérée	12VDC	24VDC	48 VDC	plus de 48VDC

La tension issue de ce tableau est la tension nominale du système. Afin de combler les pertes en tension, la tension doit être supérieure. Par exemple, la tension maximale, V_m, sera de 17-18V pour les pays chauds et de 15-16V pour les pays tempérés pour une tension nominale de 12V.

Les besoins journaliers peuvent aussi être définis en Ah/j. On doit donc diviser les besoins énergétiques en Wh par la tension nominale du système (tension identifiée précédemment à l'aide de la puissance crête du système avec le tableau 2).

Équation 4 : Besoins journaliers en Ah/j

$$\mathbf{B_j = E_{elec} / V_{nom}}$$

B_j : besoin journalier en Ah/j

E_{elec} : demande énergétique en Wh/j

V_{nom} : tension nominale du système en V

2.b. Batteries

Le pré-dimensionnement des accumulateurs est aussi déterminant. HOMER permet de définir plusieurs séries de batteries en parallèle. Les batteries sont généralement définies en Ah, on utilise donc les besoins journaliers, B_j, en Ah/j.

Pour déterminer le système de batteries, il faut donc connaître le nombre de jours d'autonomie nécessaire, c'est-à-dire le nombre de jours susceptibles d'être sans apport d'énergie solaire et les températures pour le lieu choisi. Des températures basses sont nocives pour les batteries. Il faut donc appliquer un coefficient réducteur qui tient compte de ce fait. On doit aussi connaître la

Profondeur de décharge du type de batteries choisi (seuil sous lequel la batterie ne peut être déchargée, sinon elle sera endommagée). Avec ces données et la demande énergétique, on calcule la capacité des batteries et la capacité en tenant compte des coefficients de réduction comme décrit dans (Labouret & Villoz, 2005).

Équation 7 : Calcul de la capacité des batteries

$C_{Ah}=N_{ja}*B_j*P_d$

C_{Ah} : capacité en Ah

N_{ja} : nombre de jours d'autonomie nécessaires en jours

B_j : besoin journalier en Ah

Pour trouver le nombre de jours nécessaires pour le dimensionnement des batteries, le site de la NASA SSE offre des données de jours équivalents sans soleil. Ces données peuvent être utilisées pour identifier le nombre de jours d'autonomie nécessaire.

Équation 8 : Calcul avec coefficients réducteurs

$C_{nom}= C_{Ah}/(P_d*R_t) = (N_{ja}*B_j)/(P_d*R_t)$

C_{nom} : capacité nominale en Ah

P_d : profondeur de décharge maximale autorisée (généralement 0.7 ou 0.8) R_t :

coefficient réducteur tant compte de la température

(dépend de la batterie choisie)

2.c. Autres équipements

Le régulateur, le convertisseur et le câblage peuvent aussi être dimensionnés pour une meilleure approximation des coûts. Le dimensionnement des autres équipements accessoires (protections contre la foudre, fusibles, disjoncteurs et autres) est superflu pour une étude macroscopique.

Seul le convertisseur est représenté dans HOMER. Le régulateur et le câblage peuvent être dimensionnés selon (Labouret & Villoz, 2005) et leurs coûts associés ainsi estimés. Le régulateur doit être inclus dans les coûts de panneaux solaires ainsi que le câblage et autres fournitures nécessaires dans le cas de simulations dans HOMER.

Convertisseur

Équation 9 : Dimensionnement du convertisseur/onduleur selon puissance du système

$$\textbf{Puissance}_{\textbf{onduleur}} \textbf{ = coeff* puissance de sortie des panneaux}$$

Pour système hors réseau :

Coeff : 1.25 à 1.3 (25 à 30% de plus que la puissance des panneaux)

Pour système connecté au réseau :

Coeff : 1.1*puissance de l'installation

Régulateur

Le régulateur est dimensionné selon 3 paramètres : tension nominale, courant d'entrée et courant de sortie. La tension doit être équivalente à celle des panneaux (tension nominale : 12 V, 24 V ou 48 V). Le courant d'entrée correspond au courant instantané maximal que les panneaux peuvent débiter. Le courant de sortie doit correspondre au courant instantané maximal de la demande.

Équation 11 : Dimensionnement du régulateur (courant)

Courant = 1,5* Courant nominal

pour un régulateur shunt : 1.5* courant de court-circuit total du champ

pour un régulateur série : 1.5* courant Im total au point de puissance maximale

Équation 12 : Dimensionnement du régulateur (tension)

Tension maximale = 2* tension nominale

4a. Données de consommation énergétique

Pour les données de consommation énergétique, un profil peut être entré pour chaque heure de la journée et ce pour tous les jours de l'année. Dans le cas où la demande a été évaluée avec le tableau 1, il est bien de déterminer les moments de la journée quand les appareils sont susceptibles d'être utilisés et de faire un profil de consommation journalier le plus précis possible. Les pointes de consommation pour une résidence sont souvent le matin avant que les gens partent travailler et les soirs, du retour du travail jusqu'au coucher. Cependant, le profil journalier dépend totalement des activités effectuées (résidence, chalet, industrie, observatoire, camp de chasse, etc.) et du mode d'utilisation des équipements.

4b. Données de gisement solaire

Il est possible d'entrer à la main les données de gisement solaire pour chaque mois, mais d'autres possibilités sont offertes: entrer des données pour chaque heure du jour et chaque jour de l'année, ou lier le logiciel avec les données de la NASA, ce qui permet d'obtenir les données de gisement

du lieu indiqué pour chaque mois simplement en entrant les coordonnées géographiques (latitude et longitude). Il est certain que si les données sont disponibles pour toutes les heures de l'année et que le profil de consommation est aussi disponible dans ce format, les résultats seront optimaux. Dans les autres cas, lier le logiciel aux données disponibles à la NASA pour le gisement solaire est approprié.

2.a. Dimensionnement des éoliennes

Pour le dimensionnement des éoliennes, on peut calculer la puissance maximale pouvant être retirée du vent et la puissance pouvant être retirée d'une éolienne donnée. Pour calculer la puissance maximale pouvant être retirée du vent à une certaine hauteur, deux équations peuvent être utilisées :

Équation 13 : Puissance maximale pouvant être retiré du potentiel éolien

$$P\ max = ½\ C_p * \rho * A_p * V^3$$

Pmax : puissance maximale pouvant être retirée du vent en W

Cp : coefficient (C_p max = 16/27 ≈ 0.59) sans unité

ρ : densité de l'air en kg/m^3

Ap : aire en m^2

V : vitesse en m/s

Équation 14 : Vitesse du vent en fonction de la hauteur

$$\mathbf{V=Vo*(H/Ho)^{\alpha}}$$

V : vitesse à la hauteur désirée (finale) en m/s

Vo : vitesse à la hauteur initiale en m/s

H : hauteur désirée (finale) en m

Ho : hauteur initiale en m

α : coefficient de rugosité du sol entre 0,1 et 0,4

Équation 15 : Puissance en fonction de la hauteur

$$\mathbf{P=Po(H/Ho)^{3\alpha}}$$

P : puissance à la hauteur désirée (finale) en m/s

Po : puissance à la hauteur initiale en m/s

H : hauteur désirée (finale) en m

Ho : hauteur initiale en m

α : coefficient de rugosité du sol entre 0,1 et 0,4

Équation 16 : Puissance moyenne évaluée à partir de la consommation énergétique

$$\mathbf{P_{moy} = E_{elec} / 24hrs/jr}$$

P_{moy} : puissance moyenne en W

E_{elec} : consommation (demande) énergétique en Wh/j

Équation 17 : Puissance avec pertes

$$P_{finale} = P / (C_p * C_{ond})$$

P_{finale} : puissance finale en tenant compte des pertes en W

P : puissance avant pertes en W

C_{ond} : efficacité de l'onduleur en décimale

C_p : coefficient associé aux pertes de courant de sources variées

Équation 18 : Nombre de jours d'autonomie

$$\mathbf{N_1 \leq N_{ja} \leq 1.25 * N_1}$$

$$\mathbf{Si\ N_1 \approx N_2,\quad N_{ja} = N_1}$$

$$\mathbf{Si\ N_1 << N_2,\quad N_{ja} = 1.25 * N_1}$$

N_{ja} : nombre de jours d'autonomie nécessaires en jours

N_1 : nombre de jours consécutifs maximal sans vent productif en jours

N_2 : nombre de jours consécutifs de vent entre le vent productif et le vent nominal

La capacité de la batterie peut ensuite être évaluée soit à partir d'une puissance moyenne ou de la consommation énergétique.

Équation 19 : Capacité de la batterie en Wh à partir de la puissance

$$\mathbf{C_{Wh} = N_{ja} * 24\ hrs/jr * P}$$

C_{Wh} : capacité de la batterie en Wh

N_{ja} : nombre de jours d'autonomie nécessaires en jours

P : puissance nécessaire pour le système en W

Équation 20 : Capacité de la batterie en Wh à partir de la consommation énergétique

$$\mathbf{C_{Wh} = N_{ja} * E_{elec}}$$

C_{Wh} : capacité utile en Wh

N_{ja} : nombre de jours d'autonomie nécessaires en jours . E_{elec} : consommation (demande) énergétique en Wh/jr

2.c. Autres équipements

Le régulateur, le convertisseur et le câblage peuvent aussi être dimensionnés pour une meilleure approximation des coûts. Le dimensionnement des autres équipements accessoires (protections contre la foudre, fusibles, disjoncteurs et autres) est superflu pour une étude macroscopique.

Seul le convertisseur est représenté dans HOMER, si ce dernier est nécessaire. La même logique est utilisée pour le dimensionnement du convertisseur pour le système éolien que pour le système photovoltaïque.

Équation 23 : Dimensionnement du convertisseur/onduleur selon puissance du système

$$\textbf{Puissance}_{\textbf{onduleur}} = \textbf{coeff* puissance de sortie des éoliennes}$$

Données de gisement éolien

Il est possible d'entrer à la main les données de gisement solaire pour chaque mois ou d'importer un fichier avec des données d'heure en heure. Il est certain que si les données sont disponibles pour toutes les heures de l'année et que le profil de consommation est aussi disponible dans ce format , les résultats seront optimaux.

d.1. Dimensionnement de la génératrice

Pour les génératrices, il existe 2 types de charges différentes :

Charge résistive

Charge réactive

La charge résistive est similaire à une résistance donc comme une ampoule incandescente ou un système de chauffage électrique. Cette charge est constante et on la calcule en kW (ampères*volts). La charge réactive est plutôt associée aux moteurs, condensateurs ou inducteur et elle est non constante. Notamment, la puissance nécessaire au démarrage est beaucoup plus grande que celle en mode de fonctionnement continu. La charge réactive est exprimée en kAV (ampères*volts*facteur de charge).

En utilisant les informations recueillies pour les tableau 1 et tableau 2, on peut faire un pré-dimensionnement simple.

En sommant la dernière colonne du tableau 2, on trouve la puissance nécessaire à notre système si tous les équipements sont en fonction simultanément. De plus, on suggère de ne jamais utiliser une génératrice à 100% de sa charge maximale pour plus de 30 minutes. On suggère de ne pas dépasser les 90% de la charge de la génératrice. Le fonctionnement optimal d'une génératrice est à 80% de sa charge. On peut donc ajouter un coefficient de sécurité d'au moins 1,1 et même de 1,2

Si ces informations ne sont pas disponibles, on peut trouver l'heure pour laquelle la puissance maximale moyenne est connue et multiplier cette valeur moyenne par 3 ou 5 afin de tenir compte des puissances de démarrage. Sinon, on ajoute les coefficients de 1.1 ou 1.2 à la puissance instantanée maximale.

Données de consommation énergétique

Pour les données de consommation énergétique, un profil peut être entré pour chaque heure de la journée et ce pour tous les jours de l'année. Dans le cas où la demande a été évaluée avec le tableau 2, il est bien de déterminer les moments de la journée quand les appareils sont susceptibles d'être utilisés et de faire un profil de consommation journalier le plus précis possible. Les pointes de consommation pour une résidence sont souvent le matin avant que les gens partent travailler et les soirs, du retour du travail jusqu'au coucher. Cependant, le profil journalier dépend totalement des activités effectuées (résidence, chalet, industrie, observatoire, camp de chasse, etc.) et du mode d'utilisation des équipements.

Données sur le combustible

Principalement, il faut trouver le prix du combustible, donc dans ce cas-ci, le prix du diesel au litre.

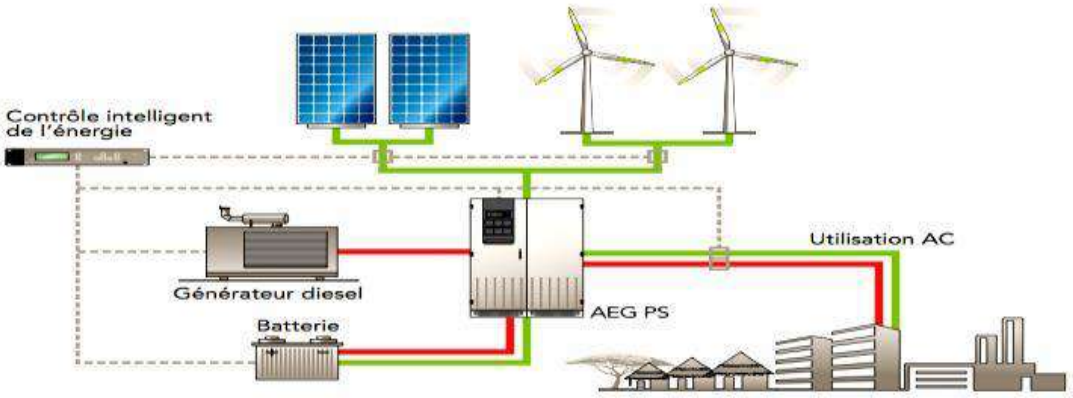


Fig. 1 Schéma physique de la chaîne de conversion d'énergie électrique hybride (photovoltaïque- éolienne- groupe électrogène)

Unit	Power plant	Power (Mw)	Surfaces Hectares
UPSE	Ghardaia	1,1	10
	Djanet	3	08
	Tamanrasset	13	26
	Ain Saleh	5	10
	Laghouat 1	20	40
	Laghouat 2	40	80
	Djalefa 1	20	40
	Djalefa 2	33	66
	Souk Ahras	15	31,2
	M'sila	20	40
	Batna	2	9,7
	Elhdjira	30	60

Les centrales de production par l’ énergies renouvelables (PV .éolien ESTE)

Unit	Power plant	Power (Mw)	Surfaces Hectares
UPSO	Kabertin (Eolien)	10,2	--
	Adrar	20	40
	Kabertin PV	3	6
	Zaouïat Konta	6	12
	Timimoune	9	18
	Reggane	5	10
	Aoulef	5	10
	Tindouf	9	20
	EL abiodh (sidi el cheikh)	24	39,2
	Naama (Sedrat loghzal)	20	31
	Saida (ain skhona)	30	43,2
	Sidi bel abbes (dhaya)	12	32,6

Les centrales de production par l’ énergies renouvelables (PV .éolien OUST)