

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI OUZOU
FACULTE DU GENIE DE LA CONSTRUCTION
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER Professionnel en Génie mécanique

Spécialité : ENERGETIQUE : Energie renouvelable

Thème

***Contribution des énergies renouvelables à la réduction de l'empreinte
carbone de la zone industrielle Oued-Aissi***

Présenté par :
SALMI Ahmed

proposé et dirigé par :
Mr.MOHAMMEDI.K

Promotion 2012 /2013

Remerciement

Je remercie vivement monsieur MOHAMMEDI. K, mon promoteur de thème, professeur à l'université de Boumerdes, qui m'a guidé avec compréhension et gentillesse. Je le remercie pour avoir accepté de parrainer ce projet et aussi pour tout le soutien qu'il a eu à m'apporter durant l'étude, pour l'aide scientifique et morale qu'il a su m'apporter tout au long de ce mémoire, Je le remercie pour ses conseils réguliers et pour m'avoir fait confiance et partager son expérience.

Je remercie également monsieur SMAILI, pour m'avoir aidé et conseillé, et pour toutes les informations atteintes grâce à sa collaboration

Je tiens à exprimer toute ma profonde gratitude à monsieur DJEBOURI mon Co-promoteur enseignant à l'UMMTO et à l'ensemble des enseignants du département de Génie mécanique.

Enfin, mes remerciements vont à tous celles et ceux qui y de près ou de loin, ont contribué au bon déroulement de ce projet.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui me sont chers :

*A l'être le plus cher pour moi dans cette vie, ma Mère et
À l'être que je respecte le plus dans ce monde, mon cher Père, pour leurs amour
et leur sacrifice et encouragement pour accomplir ce travail. Je leur souhaite
une longue vie pleine de joie, de santé et de bonheur*

A mes chers frères et sœurs :

Amar, Mohamme, Belaid, Anissa, Samira, Safia et Lyes

A mes chères belles sœurs :

Sabrina et Nouara

A mes chers bons frères :

Wahmed, Ahcene et Said

A mes chères nièces :

Sophi et Alicia

A mon cher neveu:

Ghilas

A la mémoire de mes grands-parents

A mes tantes et ma grande Famille Salmi

A tous mes amis

SALMI Ahmed

Sommaire

Notations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale

Introduction générale	01
------------------------------------	-----------

Chapitre I : Généralités sur les zones industrielles

Introduction.....	03
I.1 Définition.....	03
I.2 Historique	04
I.3 L'organisation de l'espace industrielle	05
3.1 Les espaces industriels des pays développés.....	05
3.2 Les espaces industrialisés des pays en développement	06
I.4 Zones industrielles en Algérie	07
I.5 Industrie verte dans le monde.....	08
Conclusion	09

Chapitre II : Présentation de la zone industrielle Oued-Aissi

Introduction.....	10
II.1 Présentation de la zone industrielle et zone d'activité Oued-Aissi.....	10
II.1.2 La distance entre deux points géographiques	11
II.1.3 La course du soleil	11
II.1.4 La position Soleil	13
II.1.5 L'éclairement	14
II.1.6 Les différents secteurs et activités de la zone industrielle Oued-Aissi	15
II.2 Quantité d'énergie consommée associée à la production de déchets.....	16
II.2.1 Le complexe SNVI (données mensuelles)	16
II.2.2 Le complexe SNVI (données annuelles).....	17
II.2.3 Le complexe NAFTAL (données mensuelles).....	19

II.2.4 Le complexe NAFTAL (données annuelles)	20
II.2.5 Le complexe ALDPHA (données mensuelles).....	21
II.2.6 Le complexe ALDAPH (données annuelles).....	23
II.2.7 Le complexe ENIEM (données mensuelles).....	24
II.2.8 Le complexe ENIEM (données annuelles)	26
Conclusion	28

Chapitre III : Evaluation environnemental empreinte CO₂

Introduction.....	29
III.1 Le bilan carbone	29
III.2 Principe du Bilan Carbone.....	29
III.3 Les émissions de CO ₂	30
III.3.1 Industrie	30
III.3.2 Transports	31
III.3.3 Production, consommation d'électricité et CO ₂	31
III.3.4 Les combustibles	31
III.4 Les émissions de CO ₂ par kWh généré par le complexe Oued-Aissi	33
III.4.1 Présentation de calculateur « sunearthtools »	33
III.4.2 Les émissions produites dans chaque complexe.....	34
4.2.1 Les émissions produites au niveau du complexe SNVI, l'année 2012.....	34
4.2.2 Les émissions produites au niveau du complexe SNVI durant cinq années.....	35
4.2.3 Les émissions produites au niveau du complexe NAFTAL, l'année 2012	35
4.2.4 Les émissions produites au niveau du complexe NAFTAL durant cinq années	36
4.2.5 Les émissions produites au niveau du complexe ALDAPH, l'année 2012	37
4.2.6 Les émissions produites au niveau du complexe ALDAPH durant cinq années.....	37
4.2.7 Les émissions produites au niveau du complexe ENIEM, l'année 2012	38
4.2.8 Les émissions produites au niveau du complexe ENIEM durant cinq années	39
III.5 Compensation de CO ₂ par une plantation d'arbre	39
III.5.1 Présentation de la calculatrice de compensation CO ₂	40
III.5.2 Taux de compensation de CO ₂ par une plantation d'arbres au niveau de la zone industrielle par les différents complexes, année 2012	41
5.2.1 Taux de compensation de CO ₂ au niveau du complexe SNVI	41
5.2.2 Taux de compensation de CO ₂ au niveau du complexe NAFTAL.....	42
5.2.3 Taux de compensation de CO ₂ au niveau du complexe ALDAPH	42

5.2.4 Taux de compensation de CO ₂ au niveau du complexe ENIEM.....	43
Conclusion	43

Chapitre IV : Réduction de CO₂ Etude de cas : Introduction des énergies renouvelables au complexe ENIEM

Introduction.....	44
IV.1 Objectif du projet.....	44
IV.2 Analyse des potentiels renouvelables pour la zone industrielle	44
IV.2.1 Potentiel photovoltaïque	44
2.1.1 Température moyenne mensuelles relevée sur onze années.....	45
2.1.2 L'irradiation solaire	46
2.1.3 Facteur de clarté.....	46
2.1.4 Durée d'insolation moyenne mensuelle relevée sur onze années.....	47
IV.2.2 Potentiel éolien	48
2.2.1 La vitesse du vent moyen mensuel relevé sur onze années	48
IV.3 Logiciels choisis pour le système hybride.....	49
IV.4 Présentation de HOMER	50
IV.5 Etude de cas au niveau du complexe ENIEM	51
IV.5.1 Caractéristique des transformateurs	51
IV.5.2 La Charge Electrique	51
IV.6 Description des éléments de l'installation.....	52
IV.6.1 Les caractéristiques techniques des composants utilisés.....	53
6.1.1 Convertisseur	53
6.1.2 Panneau photovoltaïque.....	54
IV.7 Optimisation du système	56
IV.7.1 Optimisation et simulation	56
IV.7.2 Résultats de la simulation des performances du système hybride.....	57
IV.7.3 Configurations du SEH en fonction du coût net actuel	57
IV.7.4 La solution optimale	58
7.4.1 Le Générateur Photovoltaïque	60
7.4.2 Le réseau classique d'alimentation	61
7.4.3 Le Convertisseur (SMC6000A).....	63

IV.7.5 Répartition des coûts de l'installation	64
IV.7.6 Les Emissions des Gaz	65
Conclusion	65

Chapitre V : Analyse des performances énergétique et exergétique.

Introduction.....	66
V.1 Généralité sur les calculs exergétique.....	66
V.1.2 Flux de matière	66
V.1.3 Bilan exergétique	66
V.1.4 Exergie d'une Quantité de Chaleur (thermique).....	67
V.1.5 Rendement exergétique.....	67
V.2 Le générateur Photovoltaïque	67
Conclusion	69
Conclusion générale.....	70

Notation

Notation latine

Symbole	Désignation	Unité
K_T	Index de clarté moyen mensuel	
K_{moy}	Irradiation moyenne mensuelle sur plan horizontal à la surface de la terre	[kWh.m-2/jour]
K_{0moy}	Irradiation moyenne mensuelle sur plan horizontal à la limite extérieure	[kWh.m-2/jour]
E	Energie électrique produit	[kWh]
E_x	Exergie	[J]
h	Enthalpie par unité de masse	[Kj.kg-1]
T	Température du corps radiatif	[C°]
s	Entropie par unité de masse	[KJ.kg-1]
S	Récupération	[\$]
q	Densité de flux radiatif	[W.m-2]
Q	L'irradiation solaire sur un plan incliné	[kWh.m-2/ J]
T_s	Température du soleil	[K]
V_{moy}	Vitesse moyenne mensuelle du vent	[m.s-1]
T_{min}	Minimale de référence	[K]

Acronymes

Symbole	Désignation
Ah	Ampère heure
CA	Courant alternative
CC, DC	Courant continue
Icc	Courant de court-circuit
ZI	Zone industrielle
PED	Pays en développement
ENR	Energie renouvelable
Aniref	Agence nationale d'intermédiation et de la régulation foncière
TIC	Technologie d'informatique et de communication
GES	Gaz à effet de serre
HOMER	Hybrid Optimization Model for Electrical Renewable
NPC	Net Present Cost ou Valeur Actuelle Nette
O&M	Frais de Maintenance
PV	Photovoltaïque
SEH	Système a énergie hybride

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Position du soleil pour la journée de 21/06/20 13h 43min	13
Tableau II.3 : La consommation de l'électricité, gaz, et l'eau au niveau du complexe SNVI pour l'année 2012	16
Tableau II.4 : La consommation de l'électricité, gaz, et l'eau au niveau du complexe SNVI durant cinq (05) ainsi années que les déchets produits.....	17
Tableau II.5 : La consommation de l'électricité, gaz et l'eau au niveau du complexe NAFTAL pour l'année 2012	19
Tableau II.6 : La consommation de l'électricité, gaz et l'eau au niveau du complexe NAFTAL durant cinq (05) années.....	20
Tableau II.7 : La consommation de l'électricité, gaz, et l'eau au niveau du complexe ALDAPH pour l'année 2012 plus la quantité de déchet produite	21
Tableau II.8 : La consommation de l'électricité, gaz, et l'eau au niveau du complexe ALDAPH durant six (06) années ainsi que les déchets produits	23
Tableau II.9 : La consommation de l'électricité, gaz, et l'eau au niveau complexe ENIEM pour l'année 2012 plus la quantité de déchet produit	24
Tableau II.10 : La consommation de l'électricité, gaz, et l'eau au niveau du complexe ENIEM durant six (06) années ainsi que les déchets produits	26
Tableau II.11 : Représente la part des déchets recyclable produit à l'ENIEM.....	28
Tableau III.1 : Quantité total de CO ₂ produite au niveau complexe SNVI, année 2012	34
Tableau III.2 : Quantité total de CO ₂ produite au niveau complexe SNVI durant cinq (05) années.....	35
Tableau III.3 : Quantité total de CO ₂ produite au niveau complexe NAFTAL, année 2012.....	35
Tableau III.4 : Quantité total de CO ₂ produite au niveau complexe NAFTAL durant cinq années	36
Tableau III.5 : Quantité total de CO ₂ produite au niveau complexe ALDAPH, année 2012	37
Tableau III.6 : Quantité total de CO ₂ produite au niveau complexe ALDAPH durant cinq années.....	37
Tableau III.7 : Quantité total de CO ₂ produite au niveau complexe ENIEM, année 2012.....	38
Tableau III.8 : Quantité total de CO ₂ produite au niveau complexe ENIEM durant cinq années	39
Tableau IV.1 : Représentation Températures moyennes mensuelles sur onze.....	45
Tableau IV.2 : Représente irradiation solaire moyenne mensuelle pour l'année 2012	46
Tableau IV.3 : Représente indice de clarté moyenne mensuelle pour l'année 2012.....	46
Tableau IV.4 : Représente le taux d'insolation moyenne (heure) sur onze années	47
Tableau IV.5 : Représente la vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s) sur onze années	48
Tableau IV.6 : Représente les caractéristiques des différents transformateurs	51
Tableau IV.7 : Distribution journalière de la charge électrique	52

Tableau. IV.8: Caractéristiques de l'onduleur Sunny Island 5048	53
Tableau. IV.9 : Caractéristique du générateur PV	55
Tableau IV.10 : Energie annuelle produite	58
Tableau. IV.11 Energie annuel consommé	59
Tableau IV.12 : Paramètre de fonctionnement du PV	60
Tableau V.13 : Energie mensuel produit par le réseau	61
Tableau V.14: Coûts de l'installation	64
Tableau IV.15 : Les émissions gaz CO ₂ produites	65
Tableau V.1 : Densité de flux exergétique incident	68
Tableau V.2 : Bilan exergétique du générateur PV	68

Liste des figures

Figure I.1 : Installation des panneaux photovoltaïques sur le toit d'une usine.....	08
Figure II.1 : Image satellitaire de la zone industrielle Oued-Aissi, avec les complexes industriels	10
Figure II.2 : La distance qui sépare entre la zone industrielle et la capitale ainsi que le port le plus proche (Dellys)	11
Figure II.3 : Course du soleil pour les deux journées de 21/06/2012 et 21/12/2012 à 13h 43 min.....	12
Figure II.4 : L'éclairement soleil pour les deux journées de 21/06/2012 et 21/12/2012 à 13h 43 min..	14
Figure II.5 : L'éclairement soleil pour les deux journées de 21/06/2012 et 21/12/2012 à 13h 43 min (coupe verticale)	15
Figure II.6 : La consommation mensuelle de l'électricité (SNVI 2012)	16
Figure II.7 : La consommation mensuelle du gaz (SNVI 2012).....	16
Figure II.8 : La consommation mensuelle de l'eau (SNVI 2012)	16
Figure II.9: La consommation annuelle de l'électricité (SNVI).....	18
Figure II.10: La consommation annuelle du gaz (SNVI)	18
Figure II.11: La consommation annuelle de l'eau (SNVI)	18
Figure II.12: Quantité annuelle de déchet produite (SNVI)	18
Figure II.13: La consommation mensuelle de l'électricité (NAFTAL 2012).....	19
Figure II.14: La consommation mensuelle du gaz (NAFTAL 2012)	19
Figure II.15: La consommation mensuelle de l'eau (NAFTAL 2012)	19
Figure II.16: La consommation annuelle de l'électricité (NAFTAL)	20
Figure II.17: La consommation annuelle du gaz (NAFTAL).....	20
Figure II.18: La consommation annuelle de l'eau (NAFTAL).....	21
Figure II.19: La consommation mensuelle de l'électricité (ALDAPH 2012)	22
Figure II.20: La consommation mensuelle du gaz (ALDAPH 2012).....	22
Figure II.21: La consommation mensuelle de l'eau (ALDAPH 2012)	22
Figure II.22: Quantité annuelle de déchet produite (ALDAPH 2012)	22
Figure II.23: La consommation annuelle de l'électricité (ALDAPH).....	23
Figure II.24: La consommation annuelle du gaz (ALDAPH)	23
Figure II.25: La consommation annuelle de l'eau (ALDAPH)	23
Figure II.26: Quantité annuelle de déchet produite (ALDAPH)	23
Figure II.27: La consommation mensuelle de l'électricité (ENIEM 2012).....	25
Figure II.28: La consommation mensuelle du gaz (ENIEM 2012)	25
Figure II.29: La consommation mensuelle de l'eau (ENIEM 2012)	25
Figure II.30: Quantité mensuelle de déchet produite (ENIEM 2012)	25

Figure II.31: La consommation annuelle de l'électricité (ENIEM)	26
Figure II.32: La consommation annuelle du gaz (ENIEM).....	26
Figure II.33: La consommation annuelle de l'eau (ENIEM).....	26
Figure II.34: Quantité annuelle de déchet produite (ENIEM).....	26
Figure III.1	
: Quantité total de CO ₂ produite au niveau de la zone industrielle pour l'année 2012	33
Figure III.2 : Quantité mensuelle de CO ₂ produite du à la consommation de l'électricité (SNVI 2012)	34
Figure III.3 : Quantité mensuelle de CO ₂ produite du à la consommation du gaz (SNVI 2012).....	34
Figure III.4 : Quantité annuelle de CO ₂ produite du à la consommation de l'électricité (SNVI 2012)	35
Figure III.5 : Quantité annuelle de CO ₂ produite du à la consommation du gaz (SNVI 2012)	35
Figure III.6 : Quantité mensuelle de CO ₂ produite du à la consommation de l'électricité (NAFTAL 2012).....	36
Figure III.7 : Quantité mensuelle de CO ₂ produite du à la consommation du gaz (NAFTAL 2012).....	36
Figure III.8 : Quantité annuelle de CO ₂ produite du à la consommation de l'électricité (NAFTAL 2012).....	36
Figure III.9 : Quantité annuelle de CO ₂ produite du à la consommation du gaz (NAFTAL 2012).....	36
Figure III.10 : Quantité mensuelle de CO ₂ produite du à la consommation de l'électricité (ALDAPH 2012)	37
Figure III.11 : Quantité mensuelle de CO ₂ produite du à la consommation du gaz (ALDAPH 2012)	37
Figure III.12 : Quantité annuelle de CO ₂ produite du à la consommation de l'électricité (ALDAPH 2012)	38
Figure III.13 : Quantité annuelle de CO ₂ produite du à la consommation du gaz (ALDAPH 2012)	38
Figure III.14 : Quantité mensuelle de CO ₂ produite du à la consommation de l'électricité (ENIEM2012).....	38
Figure III.15 : Quantité mensuelle de CO ₂ produite du à la consommation du gaz (ENIEM 2012).....	38
Figure III.16 : Quantité annuelle de CO ₂ produite du à la consommation de l'électricité (ENIEM 2012).....	39
Figure III.17 : Quantité annuelle de CO ₂ produite du à la consommation du gaz	

(ENIEM 2012).....	39
Figure III.18 : Représente la calculatrice de compensation de CO_2	40
Figure III.19 : Représente la compensation de CO_2 (SNVI 2012).....	41
Figure III.20 : Représente la compensation de CO_2 (NAFTAL 2012)	42
Figure III.21 : Représente la compensation de CO_2 (ALDAPH 2012).....	42
Figure III.22 : Représente la compensation de CO_2 (ENIEM 2012)	43
Figure IV.1 : Représente les températures moyennes sur onze années (2002 à 2012).....	45
Figure IV.2 : Représente l'irradiation solaire moyenne mensuelle pour l'année 2012	46
Figure IV.3 : Représente l'indice de clarté moyenne mensuelle pour l'année 2012	46
Figure IV.4 : Représente le taux d'insolation moyenne sur onze années (2002 à 2012)	47
Figure IV.5 : Représente la vitesse moyenne mensuelle du vent sur onze années (2002 à 2012)	49
Figure IV.6 : Répartition journalière de la charge totale	52
Figure IV.7 : Onduleur bidirectionnel SMC6000A	54
Figure IV.8 : Le générateur photovoltaïque KD180 GX-LP	55
Figure IV.9 : Système énergétique hybride étudié	56
Figure V.10 : Variantes proposé par HOMER	57
Figure IV.11 : La solution optimale choisie par HOMER.....	58
Figure IV.12 : Puissance moyenne mensuelle produite par chaque source.....	59
Figure IV.13: Puissances journalières moyennes délivrées par le générateur photovoltaïque.....	60
Figure IV.14 : Représentation des puissances moyennes mensuelles du PV	64
Figure IV.15 : Puissances journalières moyennes délivrées par le réseau classique d'alimentation	62
Figure IV.16 : Représentation des puissances moyennes mensuelles du réseau d'alimentation Classique.....	62
Figure. IV.17 : Puissances journalières moyennes délivrées par le convertisseur	63
Figure IV.18 : Représentation des puissances moyennes mensuelles du convertisseur.....	63
Figure IV.19: Répartition des coûts de l'installation.....	64
Figure V.1 : Rendement exergetique du PV	69
Figure V.2 : Destruction de l'exergie solaire.....	69

Introduction générale

Au début de XX^{ème} siècle et avec l'avènement de la révolution industrielle, l'être humain a amélioré son quotidien en diversifiant ses activités dans tous les domaines, ce qui a suivi d'une forte hausse de consommation en énergie.

Dans ces conditions nombreux sont les signes qui témoignent d'une dégradation de l'état de notre planète. Le changement climatique semble s'être une réalité, du fait de la transformation par des procédés industriels, d'une surexploitation au niveau mondial des ressources naturelles d'une part, et de l'évolution constante de la consommation d'autre part.

En effet empreinte écologique globale de l'humanité ne font malheureusement que confirmer la tendance qui se dessinait ; l'empreinte carbone (c'est-à-dire la surface nécessaire pour absorber et conserver les gaz à effet de serre liées aux activités l'humanité) à plus que doublé, la concentration globale en CO₂ de l'atmosphère s'établit à 390 ppm, Chaque seconde dans le monde, près de 1,14 million de kilos de CO₂ sont émis dans l'atmosphère. Cela représente des émissions de 36 milliards de tonnes de CO₂, dioxyde de carbone, dans l'atmosphère par an [01]. Une production planétaire de déchets représente 4,3 milliard de tonnes déchets industriels non dangereux et 5.10 millions de tonnes des déchets dangereux [02].

Par ailleurs, nous devons garder à l'esprit que les sources d'énergie fossile sont en train de s'épuiser. Cela signifie que la sécurité de l'approvisionnement est cruciale de nos jours (nous sommes particulièrement dépendants du pétrole et du charbon).

Le meilleur moyen de réduire les dégâts que subit notre planète est de mettre en œuvre des mesures pour développer les énergies renouvelables et améliorer les rendements énergétiques. Ces mesures sont importantes pour notre quotidien mais également pour le secteur industriel.

L'Algérie à l'instar des autres pays en voix de développement vit une crise nationale de gestion de ses déchets industriels, et accuse un retard considérable en matière de développement des énergies renouvelables.

Pour faire face à cette détérioration du cadre de vie et à la dégradation de l'environnement, nous avons jugé utile d'entreprendre une étude sur « la contribution des énergies renouvelables à la réduction de l'empreinte carbone de la zone industrielle Oued-Aissi », qui s'inscrit dans le cadre de la protection de l'environnement.

Notre étude s'articule autour de cinq chapitres présentés comme suit :

- Chapitre I : Généralités sur les zones industrielles
- Chapitre II : Présentation de la zone industrielle.
- Chapitre III : Evaluation environnemental Empreinte CO₂.

Chapitre IV : Réduction de CO₂ Etude de cas : Intégration des énergies renouvelables au complexe ENIEM.

Chapitre V : Analyse des performances énergétique et exergétique.

Nous terminons notre travail par une conclusion générale.

CHAPITRE I

Généralités sur les zones industrielles

Introduction :

L'époque moderne marque un important changement dans la concentration de l'activité de production, essentiellement d'un point de vue quantitatif, et marque une augmentation nette des volumes de production, un regroupement sans précédent de l'activité industrielle.

La notion du pôle industriel émerge. Des types de sites industriels sont alors créés de toute pièce, spécifiquement pour répondre aux besoins de l'industrie. Ces sites sont le résultat d'une volonté politique pour répondre à un aménagement planifié du territoire. Ils sont généralement choisis de façon à offrir de larges espaces fonciers à coût attractif.

Des dispositions fiscales avantageuses sont mises en place pour attirer les industries. Généralement, ces grands parcs industriels se construisent autour d'un type d'activité principal, mais les avantages du site attirent aussi des industries tournées vers d'autres productions. La concentration en main-d'œuvre qualifiée et d'acteurs de haut niveau en matière de recherche-développement participent alors à l'essor d'un tel pôle industriel.

Les économies post-industrielles se tournant davantage vers les activités de service ou les hautes technologies, et les grands sites de production industrielle sont parfois abandonnées suite à un déclin important de l'activité, ou délocalisés dans des pays plus attractifs. Néanmoins, l'évolution vers la spécialisation dans les hautes technologies reprend en partie les mêmes principes, conduisant à la création de grands technopôles.

I.1 Définition

La zone industrielle est un espace géographique prévu pour un usage industriel.

L'idée de réserver du terrain pour l'usage industriel par le zonage part de plusieurs besoins :

- La nécessité de concentrer les infrastructures nécessaires dans un secteur limité pour réduire les coûts. Ces infrastructures incluent les rues, les voies ferrées, l'électricité haute-tension (généralement triphasée), un aqueduc à fort débit, le gaz naturel ainsi que des services de télécommunication. A cette infrastructure de base peuvent s'ajouter des équipements de services (restauration inter-entreprise, poste, gardiennage, etc.).
- Le besoin de tabler sur de telles infrastructures pour attirer les entreprises.
- La nécessité de séparer les usages industriels des autres activités urbaines afin de réduire les impacts environnementaux et sociaux.

- Le besoin d'offrir les contrôles environnementaux localisés spécifiques aux exigences des zones industrielles.

Les différents parcs industriels existants remplissent ces exigences à différents degrés. Beaucoup de petites villes ont créé des parcs industriels qui n'ont qu'un accès à l'autoroute et le strict minimum comme infrastructure, soit les rues, avec aqueduc, égout et électricité, et le minimum de contrôle environnemental.

Une variation du parc industriel est le parc de bureaux, qui contient souvent de l'industrie légère en plus des bureaux.

Les parcs industriels sont généralement situés près des accès autoroutiers et dans le voisinage d'autres infrastructures du transport, notamment un aéroport, un port, et surtout une voie ferrée.

I.2 Historique

Certaines activités de production tendent à se regrouper en un même lieu géographique, car il répond aux mêmes besoins, comme la présence de matière première, de main-d'œuvre, de transports, de la clientèle, ou d'autres activités industrielles connexes. Historiquement, ce type de regroupement d'une même activité sur un site géographique est très ancien, et le principal lieu du regroupement est souvent une ville, qui bénéficie de cette activité économique qui lui a parfois donné naissance.

Les études archéologiques menées sur les villes de l'antiquité montrent fréquemment un regroupement des activités comme la poterie, le travail du métal ou du textile, ou la production dérivée de la production agricole comme les huileries ou les fabriques de savon.

Les facteurs attirant ces producteurs sur un même lieu géographique sont variés. La présence de la main-d'œuvre offerte par la cité, qui est aussi un marché de consommation, est essentielle. Les voies de transports revêtent en effet une importance particulière, aussi bien en termes d'alimentation en matières premières qu'en moyens de commercialiser la production. Les voies romaines par exemple, permettent à une ville située sur un carrefour routier de prospérer en concentrant les activités de production. Les ports maritimes ou fluviaux sont des facteurs importants de concentration de l'activité. Schématiquement, la région environnante fournit les matières premières, qui sont canalisées par un réseau de transport routier ou fluvial vers la cité, où a lieu la transformation des matières premières en produits finis ou semi-finis qui sont consommés sur place, transportés vers la région environnante ou exportés plus loin.

I.3 L'organisation de l'espace industrielle

3.1 Les espaces industriels des pays développés

a) Implantations industrielles anciennes

- Les “ pays noirs ”, établis sur le charbon et les minerais, sont aujourd'hui complètement reconvertis. Les friches industrielles ont été rénovées en entrepôts, voire en parcs de loisirs.
- Les industries urbaines ont quitté les centres-villes pour les banlieues (zones industrielles). On assiste globalement à des délocalisations des industries urbaines vers d'autres régions ou d'autres pays (pays à main-d'œuvre bon marché).

b) Les nouveaux espaces industriels

- Les zones industrialo-portuaires sont situées sur les littoraux pour bénéficier des importations de matières premières et de sources d'énergie (Fos-sur-Mer, Le Havre, Dunkerque).
- Les parcs technologiques : technopôles proches des universités, recherchant la qualité de vie (Silicon Valley en Californie, Sophia-Antipolis près de Nice).
- Les nouveaux espaces urbains industriels tournés vers la haute technologie : ce sont des technopôles comme : Montpellier, Toulouse, Lyon ou Grenoble.

c) Les grandes régions industrielles

- En Europe: axe industriel majeur du Bassin de Londres à l'Italie du Nord en passant par l'Allemagne rhénane: c'est la mégapole européenne.
- En Amérique du Nord: le nord-est des États-Unis s'est reconverti à la haute technologie, alors que la Sun Belt connaît la plus forte progression d'implantations industrielles.
- Au Japon : la mégapole japonaise Tokyo-Nagoya-Osaka regroupe toute la gamme des industries.

3.2 Les espaces industrialisés des pays en développement

a) Caractères de l'industrie des pays en développement (DEP)

- Pays sous-industrialisés.
- Industries de main-d'œuvre : main-d'œuvre abondante, bon marché, bénéficiant d'une faible protection sociale.
- Industries urbaines ou littorales : dans les grandes agglomérations (Bombay, Calcutta en Inde) ou dans des zones portuaires ou littorales pour l'exportation.
- Développement de zones franches pour attirer les investissements étrangers (Shenzen en Chine).

b) Industrialisation et développement

- Substitution aux importations : remplacement des importations par des productions nationales de biens de consommation. Mais aggravation de la dette par l'achat des machines nécessaires.
- Modèle extraverti: dans les NPI d'Asie, au Brésil: industries pour l'exportation. Souvent aux mains de grandes multinationales étrangères.

c) L'industrie des pays émergents asiatique (Dragons et bébés tigres)

- Succès des NPI asiatiques : ces pays connaissent des taux de croissance impressionnants (Corée du Sud, Taïwan, Singapour). Depuis juillet 1997, Hong Kong est rattaché à la Chine. Les NPI ont quitté le rang des pays pauvres. Crise financière des pays asiatiques en 1998-99. [03]
- Délocalisations en chaîne: la tendance actuelle vise à rechercher la main-d'œuvre la moins chère dans des pays comme la Thaïlande, les Philippines, le Viêt-Nam, la Malaisie.

Quelques notions

- *Délocalisation* : installation d'usines dans une région ou un pays à main-d'œuvre bon marché.
- *Friche industrielle* : espace abandonné par les industries traditionnelles, aujourd'hui reconverti.
- *Reconversion* : changement d'activité industrielle.
- *ZIP*: zone industrialo-portuaire.
- *Technopôle* : zone d'activité spécialisée dans la haute technologie.
- *Littoralisation* : transfert sur le littoral d'activités industrielles.
- *Zone franche industrielle* : zone industrielle qui bénéficie d'avantages fiscaux pour attirer les capitaux étrangers.

I.4 Zones industrielles en Algérie [04]

Les ZI existantes ont, compte tenu de leur état de dégradation, besoin d'une réhabilitation profonde. En fait, presque toutes les zones industrielles dans différentes régions du pays souffrent d'une dégradation totale. Les responsables incombent cette dégradation aux entreprises et ces dernières se désengagent de la situation. Ainsi, l'Agence nationale d'intermédiation et de la régulation foncière (Aniref) chargée du dossier est à pied d'œuvre pour trouver le partenaire idéal dans la cadre de la réalisation des 42 nouvelles zones industrielles et le développement de parcs industriels. L'Agence a saisi l'opportunité pour présenter son organisme et son programme de réalisation des nouveaux parcs industriels à travers le territoire national. Ces futures zones industrielles ont été, a-t-elle dit, scindées en trois catégories par rapport à leur superficie : 16 zones d'une superficie inférieure à 150 hectares/unités, 12 zones entre 150 et 300 hectares/unités et 11 zones de 300 hectares/unités.

L'Agence avait signé en septembre 2012 avec la Direction Générale du Domaine National une décision pour aménager 42 sites en zones industrielles dans 34 wilayas pour un financement de 88 milliards de DA. La superficie globale de ces zones sera de 9.572 hectares, les travaux au niveau d'une dizaine de sites implantés à l'est, au centre, à l'ouest et au sud, en tenant compte du respect de l'équilibre régional ».

La Wilaya de Tizi-Ouzou sera incluse dans ce programme pour l'aménagement de la zone industrielle de Oued-Aissi ainsi que la viabilisation du parc industriel de Souamaâ dans la wilaya de Tizi Ouzou, d'une surface de 372 hectares.

Les zones industrielles les plus importantes en Algérie sont :

- **Rouiba** : dispose d'une superficie estimée à plus de 1 000 hectares où quelque 200 entreprises dont 70% privées emploient plus de 30 000 personnes qui nourrissent près de 200 000 familles.
- **Sidi Khettab dans la wilaya de Relizane** : Aménagée sur une superficie de 350 hectares. Pas moins de 25 projets d'investissement ont été avalisés en moins d'un an, selon la Direction de l'industrie, de la petite et moyenne entreprise et de la promotion de l'investissement. Ces projets d'envergure nationale, notamment en agroalimentaire, textile, sidérurgie, chimie, plastique et préfabriqué contribueront à la création de plus de 16.500 postes d'emploi. Cette zone industrielle extensible à 2.700 ha est située à 20 kilomètres au nord du chef-lieu de wilaya.

I.5 Industrie verte dans le monde

Préserver les ressources, en favorisant la diversification du mix-énergétique pour produire de l'électricité, en particulier par l'utilisation de sources d'énergies renouvelables, pousse plusieurs compagnies industrielles à suivre une démarche du développement durable, intitulée performance et responsabilité. Nous avons comme exemple :



Figure I.1 : installation des panneaux photovoltaïques sur le toit d'une usine

5.1 Panneaux solaires sur le toit d'une usine Michelin

Plus de 3 hectares de toiture, soit les trois-quarts du toit de l'usine, ont été mis à la disposition d'EDF Energie Nouvelles par Michelin pour installer 17.000 panneaux solaires et exploiter l'énergie générée, et ce pour une durée de vingt ans. Baptisé “*Puy Solaire*”, ce projet citoyen permet de produire plus de 3000 mégawatts heure d'énergie propre par an, soit l'équivalent du besoin en électricité annuel d'environ 1.200 foyers. Chaque année, ce sont ainsi environ 300 tonnes de CO₂ en moins qui seront rejetées dans l'air grâce à ce dispositif [05].

5.2 Renault équipe ses usines de panneaux solaires

A terme, 450.000 m² de panneaux photovoltaïques seront opérationnels; soit l'équivalent de la superficie de 63 terrains de football. La puissance installée, d'une valeur de 60 MW, correspond à la consommation annuelle d'électricité d'une ville de 15.000 habitants.

Il permettra de réduire les émissions de CO₂ de 30.000 tonnes par an [06].

5.3 L'usine du constructeur automobile General Motors à Saragosse en Espagne, recouverte vaste toiture photovoltaïque

Une centrale solaire d'une capacité de 10 MW sur l'usine de General Motors. Proche de Saragosse, elle assemble plus de 480 000 véhicules par an, la centrale solaire de Figueruelas devrait produire 15,1 millions de KWh par an, selon les chiffres avancés par Veolia, soit l'alimentation en électricité de 4 600 foyers consommant chacun 3 300 KWh par an.

Opérationnelle fin septembre 2008, la centrale solaire alimentera le réseau local de Red Electrica en courant électrique qui sera vendu à la compagnie d'électricité Endesa.

Le générateur solaire est conçu par Veolia Environnement et Clairvoyant Energy. Il sera composé de 85 000 panneaux solaires légers formant une surface photovoltaïque active totale de 183 000 m². Il devrait permettre de réduire chaque année les émissions de CO₂ de 6 700 tonnes [07].

Conclusion

Considérant les investissements massifs dans les technologies, l'industrie verte crée au fil des jours des milliers d'emplois, l'économie verte a le vent dans les voiles. Elle s'est même mise en marche pour passer en grande vitesse dans le virage industriel des énergies moins polluantes. Ainsi pour bien suivre et accompagner un projet vert, il est judicieux de :

- Sensibiliser et encourager nos entrepreneurs et entreprises à prendre le virage « vert » afin de rendre leur entreprise plus durable.
- Sensibiliser les gens du milieu rural à prendre connaissance de la nature des industries vertes dans les communautés
- Assurer des formations en gestion d'entreprise durable afin de former une main d'œuvre qualifiée pour l'économie de demain.
- Former nos entrepreneurs dans le domaine des TIC pour réduire leur empreinte environnementale (ex. : réunion/conférence Web, réseautage et publicité virtuel), et d'en tirer profit.

CHAPITRE II

Présentation de la zone industrielle

Oued-Aissi

Introduction

La zone industrielle Oued-Aissi est la plus importante au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou vue la surface qu'elle occupe et son importance en termes d'alimentation en matières premières et aux moyens de commercialisation et de la distribution.

Nous présentons, dans ce chapitre, la zone industrielle Oued-Aissi avec ces différents complexes (ENIEM, SNVI, NAFTAL et ALDAPH). Un ensemble de données et d'informations, liées aux caractéristiques géographiques et climatiques de la zone, a été collecté et le taux de consommation du gaz, de l'électricité, de l'eau et de la quantité de déchets produits durant l'année 2012 et les cinq dernières années (2008 à 2012) a été évalué.

II.1 Présentation de la zone industrielle et la zone d'activité Oued-Aissi

La zone industrielle Oued- Aissi, dénommée Aissat Idir, est considérée comme la plus importante au niveau Wilaya de Tizi-Ouzou. C'est une zone d'envergure nationale, créée le 06/03/1972 avec permis de lotir du 23/06/1997. Elle est délimitée par deux daïra : Tizi-Ouzou par l'ouest et le sud et Tizi-Rached par l'est et le sud. Elle a une surface de 1207 363 m². La figure ci-dessous donne une image satellitaire de la zone industrielle Oued-Aissi avec ses complexes industriels.



Figure II.1 : Image satellitaire de la zone industrielle Oued-Aissi, avec les complexes industriels [08].

L'utilisation du calculateur **Sunearthtools**, outils, pour les consommateurs et les concepteurs de l'énergie solaire, nous donne :

La distance qui sépare deux points sur terre, la course, la position et l'éclairement du soleil d'un

point quelconque sur terre. (Voir sa définition au chapitre III page 33)

II.1.2 La distance entre deux points géographiques [08]

La formule utilisée pour déterminer la distance la plus courte entre deux points sur le terrain (géodésique), se rapproche du géoïde à une sphère de rayon $R = 6372.795477598$ km (rayon moyen quadrique), de sorte que le calcul peut avoir une erreur de distance de 0,3%, en particulier dans les situations extrêmes, et pour de longues distances par le biais de divers parallèles. Etant donné deux lieux, Oued-Aissi et la ville d'Alger, qui sont respectivement représentés par les points A et B et qui sont exprimés, sur la sphère, par la latitude (LAT) et la longitude (LON), on aura (voir la figure II.2):

$$distance(A,B) = R \cdot \arccos [\sin(LAT(A)) \cdot \sin(LAT(B)) + \cos(LAT(A)) \cdot \cos(LAT(B)) \cdot \cos(LON(A) - LON(B))]$$



Figure II.2 : La distance qui sépare la zone industrielle et la capitale ainsi que le port le plus proche (Dellys) [08].

II.1.3 La course du soleil au niveau de la zone industrielle Oued-Aissi

Pour repérer la position du soleil dans le ciel, il est nécessaire d'utiliser l'angle solaire zénithal et l'angle de déclinaison, la lumière du jour à la différence de la veille et plus tard. Il affiche également les graphiques de la trajectoire de l'énergie solaire

Sunrise et le coucher du soleil est le moment auquel le Soleil disparaît derrière l'horizon, dans la direction de l'Ouest. Il s'agit d'un phénomène quotidien causé par la rotation de la Terre.

Twilight est la lueur atmosphérique présente avant le lever ou après le coucher du soleil. Le terme désigne également le moment de la journée où cette lueur est visible.

Le crépuscule civil laps de temps entre le coucher et lorsque le soleil atteint la hauteur d'élévation de -6° , dans le ciel ne sont visibles que quelques étoiles et des planètes particulièrement lumineux.

Crépuscule nautique représente le temps du soleil prend une passe de -6° à -12° sous l'horizon, dans cette période sont distingués ligne d'horizon et les étoiles principales.

Crépuscule astronomique est l'intervalle de temps entre le coucher et lorsque le soleil atteint 18° sous

l'horizon, le ciel est sombre, est possible de distinguer les étoiles jusqu'à la sixième grandeur. **midi** dans le temps solaire se produit lorsque le soleil est à son point culminant dans le ciel pendant la journée, et il est soit plein sud ou au nord en raison de l'observateur en fonction de la latitude. **Azimut** indique un angle entre un point et un plan de référence. Est généralement la distance angulaire d'un point du nord.

La hauteur, ou Elévation, est la distance angulaire de l'horizon un point sur la sphère céleste, mesurée comme positif si face à la Zénith, et négative si dirigée vers le nadir. **Zenith**, est l'intersection perpendiculaire au plan de l'horizon en passant par l'observateur de l'hémisphère visible céleste et est le point ci-dessus la tête de l'observateur. Le point diamétralement opposé est appelé Nadir.

La connaissance de la position du soleil et les heures du jour, permettent de connaître l'énergie rayonnée par le soleil (renouvelable) au point sur la Terre que nous examinons. **L'énergie solaire** peut être moteurs thermiques produite à partir de panneaux solaires ou électriques produite par des panneaux photovoltaïques (voir la figure et le tableau II.3).

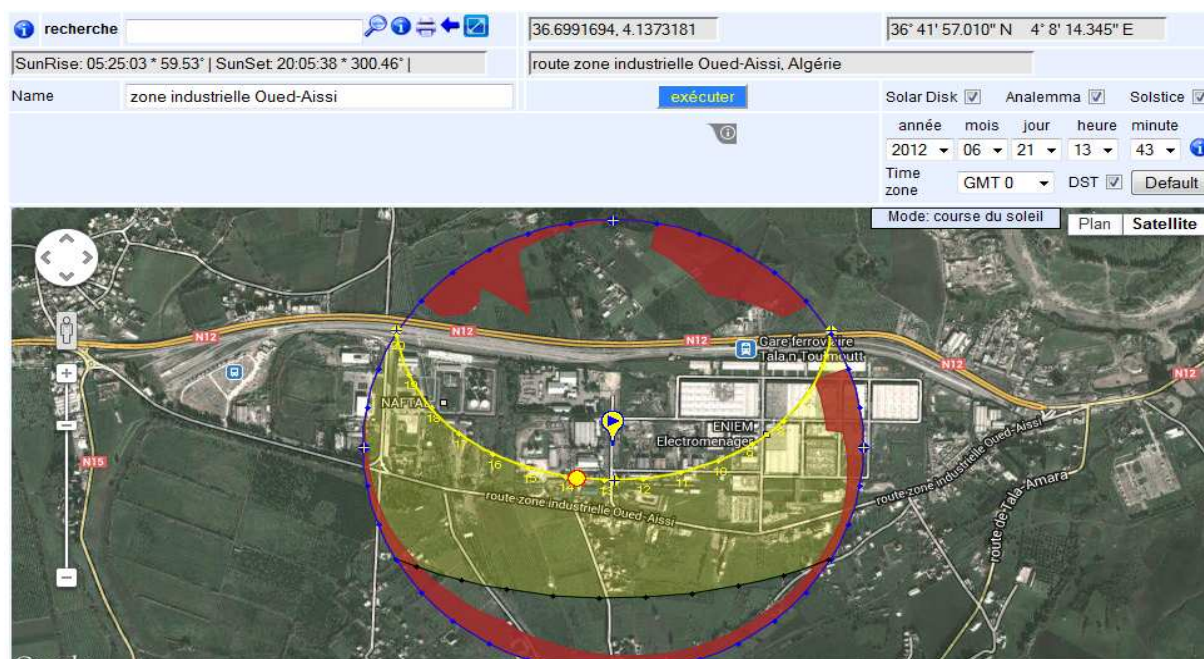


Figure II.3 : Course du soleil pour la journée du 21/06/2012 et celle du 21/12/2012 à 13h43min [08]

II.1.4 Position du soleil au niveau de la zone industrielle Oued-Aissi [08]

Les cartes course du soleil peuvent être tracées en coordonnées cartésiennes (rectangle) ou en coordonnées polaires.

- **Coordonnées cartésiennes** permet de déterminer la position d'un point dans un espace affine (droite, plan, espace de dimension 3, etc.)

- **Coordonnées polaires** sont, en mathématiques, un système de coordonnées à deux dimensions, dans lequel chaque point du plan est entièrement déterminé par un angle et une distance. Ce système est particulièrement utile dans les situations où la relation entre deux points est plus facile à exprimer en termes d'angle et de distance. Les différentes trajectoires du soleil dans le ciel sont limitées par celles du 21^{ème} jour (équinoxe) de chaque mois de décembre (voir le tableau II.1).

position du soleil 	Elevation	Azimut	latitudes	longitudes
21/06/2012 13:43	71.84°	227.11°	36.699892° N	4.1394639° E
crépuscule 	Sunrise	Sunset	Azimut Sunrise	Azimut Sunset
crépuscule -0.833°	05:25:02	20:05:37	59.53°	300.46°
Le crépuscule civil -6°	04:54:20	20:36:16	54.74°	305.24°
Le crépuscule nautique -12°	04:16:05	21:14:30	48.26°	311.72°
crépuscule astronomique -18°	03:33:11	21:57:23	40.19°	319.79°
jour 	hh:mm:ss	diff. dd+1	diff. dd-1	midi
21/06/2012	14:40:35	-00:00:04	00:00:00	12:45:19

Tableau II.1 : Position du soleil pour la journée du 21/06/20 13h43 min [08]

II.1.5 L'éclairement

La longueur de la journée est l'intervalle du temps entre le lever et le coucher du soleil. La durée dépend de la latitude, la longitude, l'altitude au-dessus du niveau de la mer et l'horizon des obstacles. L'algorithme utilise le 0 mètres d'altitude.

Le passage du jour à la nuit n'est pas clair avant et après il y a une période de la lumière diffusé (Twilight), où l'on peut encore voir, le phénomène est dû à la réflexion (en bas) de la lumière par l'atmosphère qu'il est plus à notre point d'observation.

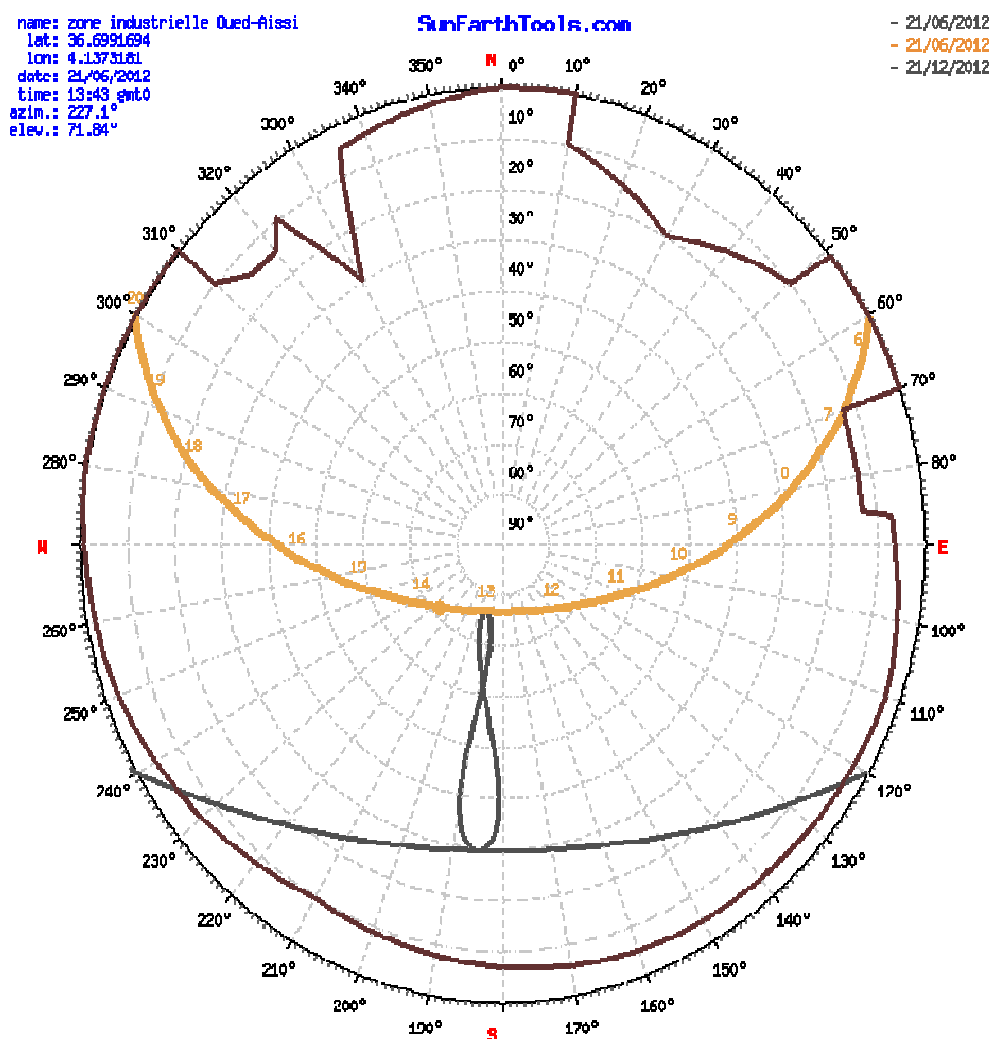


Figure II.4 : Eclairement soleil pour les deux journées de 21/06/2012 et 21/12/2012 à 13h 43 min [08]

Dans la figure suivante on peut apercevoir la coupe verticale de l'éclairement soleil pour les deux journées 21/06/2012 et 21/12/2012 à 13h 43 min.

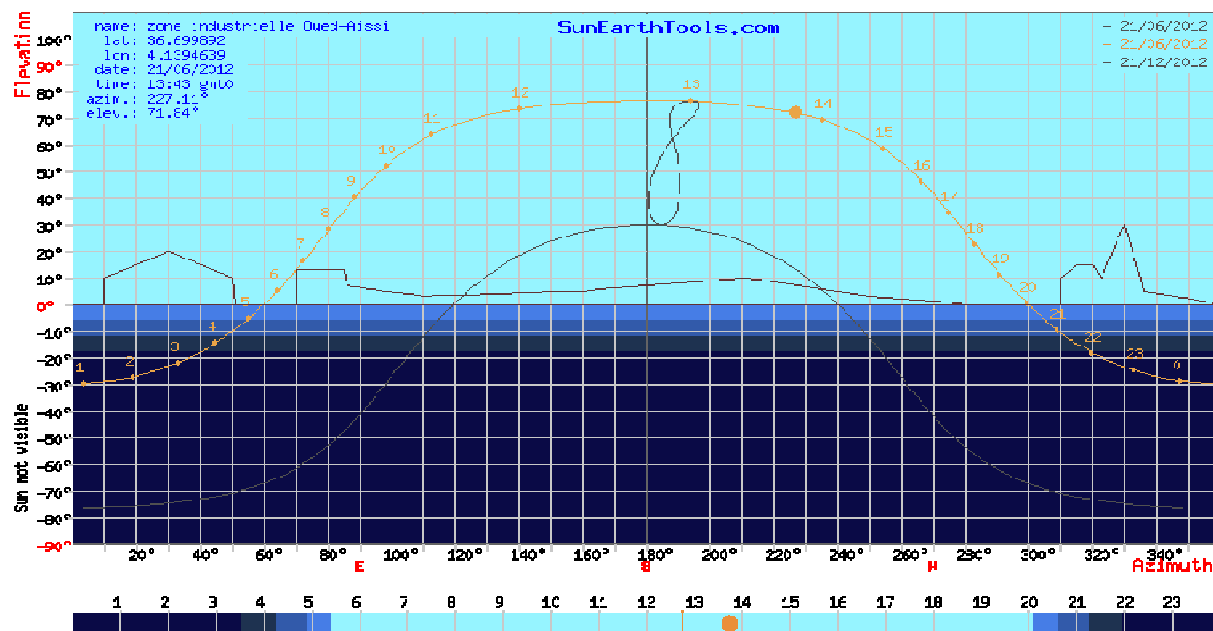
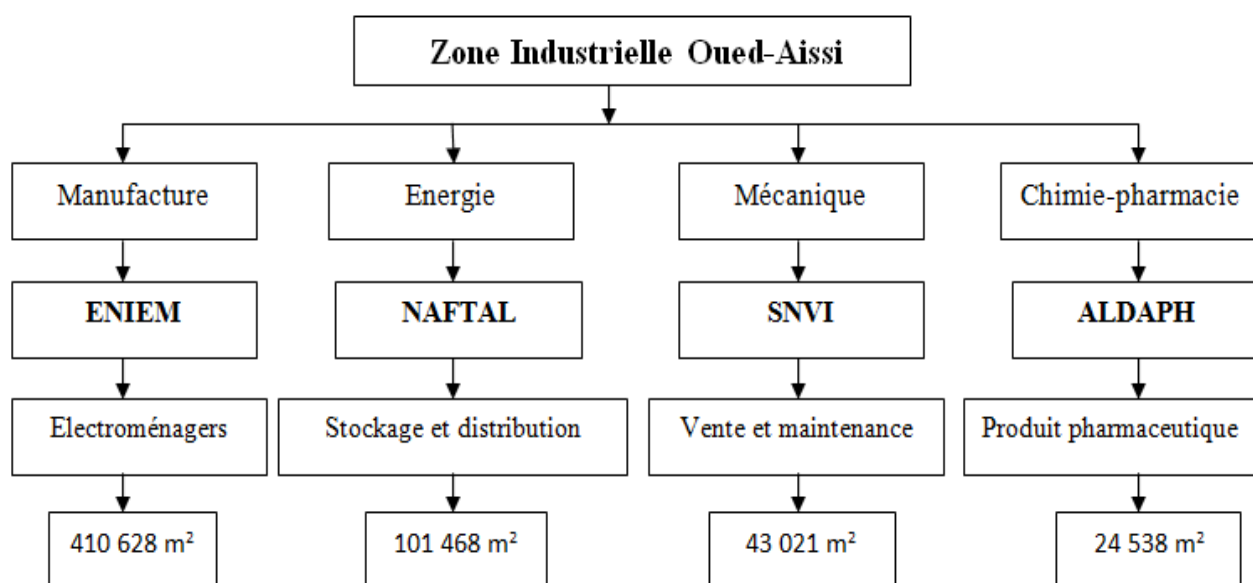


Figure II.5 : Eclairement du soleil pour la journée du 21/06/2012 et celle du 21/12/2012 à 13h 43 min (coupe verticale) [08]

II.1.6 L'organigramme représente les secteurs d'activités, les complexes industriels implantés plus les principales activités et les surfaces (m^2) pour chaque complexe.

La structure industrielle de la zone industrielle Oued-Aissi est composée de quatre entreprises industrielles, toutes affiliées à l'état. En terme de surface, l'ENIEM occupe la première place suivie de NAFAL et de SNVI puis le complexe ALDAPH qui vient en dernière position.



Organigramme représentant les différents secteurs et activités de la zone industrielle Oued-Aissi

II.2 Quantité d'énergie consommée au niveau de la zone industrielle associée à la production de déchets :

2.1 Le complexe SNVI (données mensuelles pour l'année 2012)

Année 2012	Electricité (kWh)	Gaz (kWh)	Eau m ³
Janvier	9712	5200	425
Février	9620	5010	523
Mars	9011	2600	525
Avril	8967	3350	620
Mai	9102	2650	450
Juin	10052	1950	302
Juillet	10235	1860	505
Aout	7278	1250	212
Septembre	8810	2350	426
Octobre	8976	2350	356
Novembre	8541	4200	371
Décembre	8512	4340	450
Total	108816	37110	5165

Tableau II.2 : La consommation de l'électricité, gaz, et l'eau au niveau du complexe SNVI durant 2012

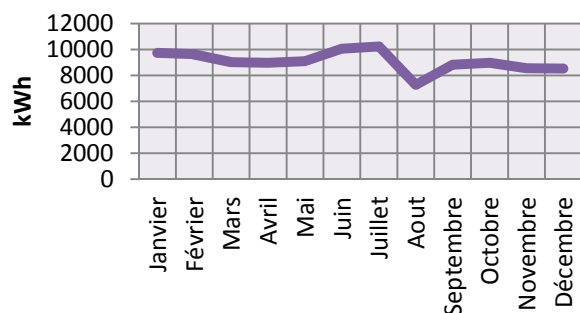


Figure II.6: Consommation mensuelle de l'électricité (SNVI 2012)

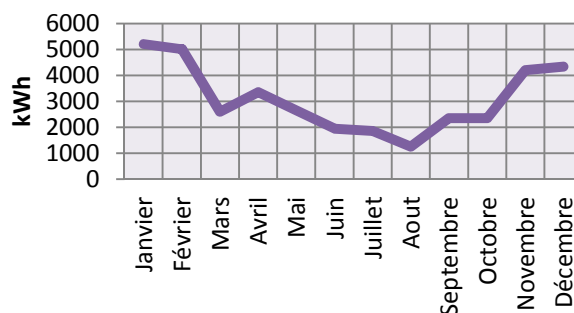


Figure II.7: Consommation mensuelle du gaz (SNVI 2012)

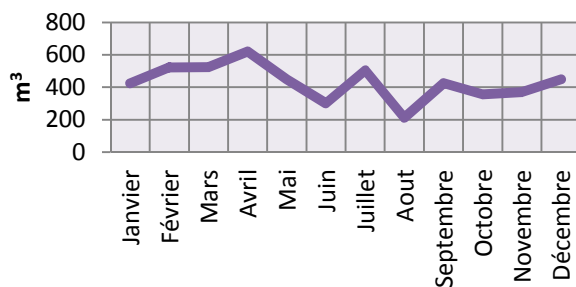


Figure II.8: Consommation mensuelle de l'eau (SNVI 2012)

- **Interprétation des courbes**

A partir de ces courbes, on remarque que la consommation de l'électricité et de l'eau sont inversement proportionnelle à la consommation du gaz.

L'électricité connaît des pics de consommation durant la saison d'été dus essentiellement à la demande en climatisation des différents bureaux. Contrairement à l'électricité, la demande en gaz est beaucoup plus importante en hiver qu'en été ce qui explique son usage au chauffage. Et l'eau est utilisée pour des besoins sanitaires ainsi que pour la consommation.

L'utilisation du gaz et de l'électricité est limitée généralement à l'éclairage et à la climatisation ainsi pour l'usage d'appareils électriques (cisaille, meule, poste à souder, etc.) et la maintenance des engins. La chute de consommation du gaz et de l'électricité, durant le mois d'août, est due aux congés annuels.

Remarque :

Malgré le congé, le complexe industriel SNVI continue de consommer de l'énergie, car une permanence de gardiennage est assurée pendant cette période.

2.2 Le complexe SNVI (données annuelles durant cinq années plus la quantité de déchet produite)

Année	Electricité (kWh)	Gaz (kWh)	Eau (m ³)	Déchet (huile) en (Litre)
2008	105743	34070	5712	250
2009	107758	34220	6012	315
2010	110052	36110	5661	307
2011	108613	35940	5734	421
2012	108816	37110	5165	416

Tableau II.3 : La consommation de l'électricité, du gaz, et de l'eau au niveau du complexe SNVI durant cinq (05) années plus la quantité de déchet produite

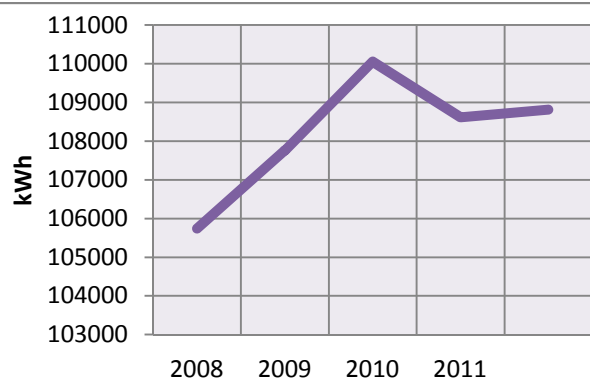


Figure II.9: Consommation annuelle de l'électricité (SNVI)

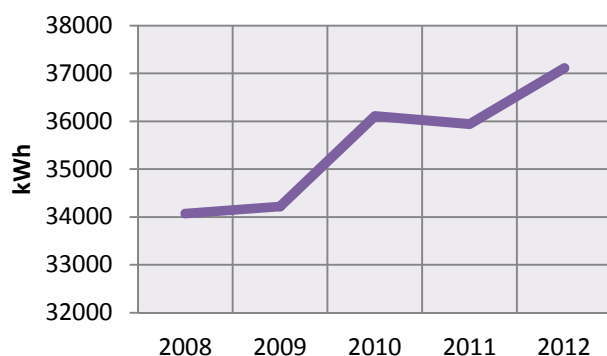


Figure II.10: Consommation annuelle du gaz (SNVI)

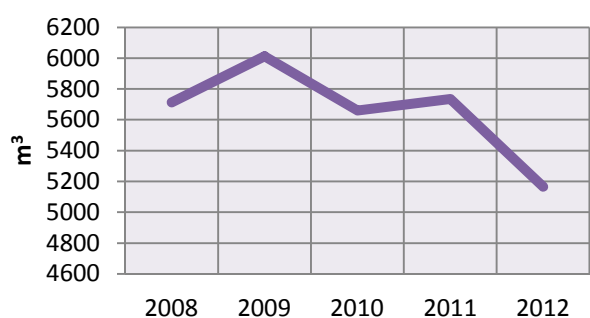


Figure II.11: Consommation annuelle de l'eau (SNVI)

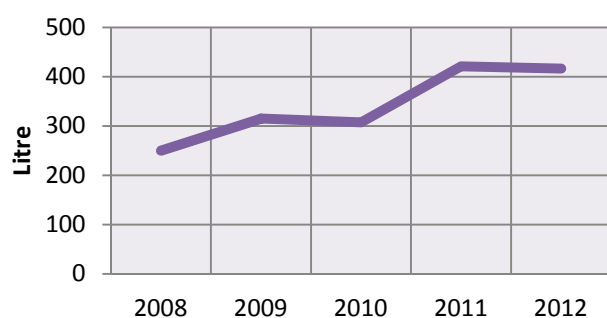


Figure II.12: Quantité annuelle de déchet produite (SNVI)

• Interprétation des courbes

Une progression d'achat des équipements d'entretien, du transport, de collecte d'ordure et engins pour travaux est enregistrée chaque année au niveau de l'APC de Tizi-Ouzou.

▪ Déchet

Le complexe SNVI produit entre 400 et 500 litres de déchets (huiles de vidange) par année.

Des collectes de déchet annuel on remarque aussi qui ne dépend pas forcément de consommation d'énergie car nous avons en 2010 plus grande consommation de l'électricité et gaz mais nous avons en final le plus faible taux de production de déchet (huile de vidange).

2.3 Le complexe NAFTAL (données mensuelles pour l'année 2012)

Année 2012	Electricité (kWh)	Gaz (kWh)	Eau (m ³)
Janvier	57386	8100	295
Février	52136	7390	274
Mars	54562	7270	281
Avril	54781	6180	281
Mai	53298	6420	301
Juin	59876	2420	324
Juillet	56532	1390	367
Aout	41544	1120	202
Septembre	62141	3860	354
Octobre	51247	3920	214
Novembre	52148	5800	235
Décembre	56398	6500	221
Total	652049	60370	3349

Tableau II.4 : La consommation de l'électricité, du gaz et de l'eau au niveau du complexe NAFTAL pour l'année 2012.

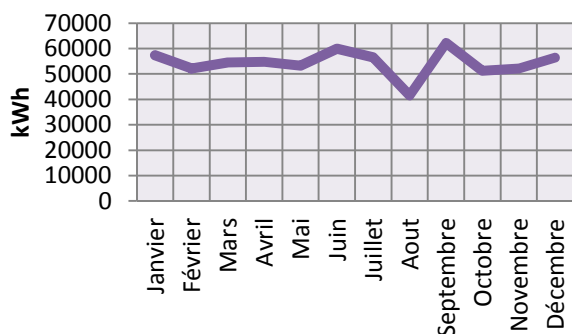


Figure II.13: Consommation mensuelle de l'électricité (NAFTAL 2012)

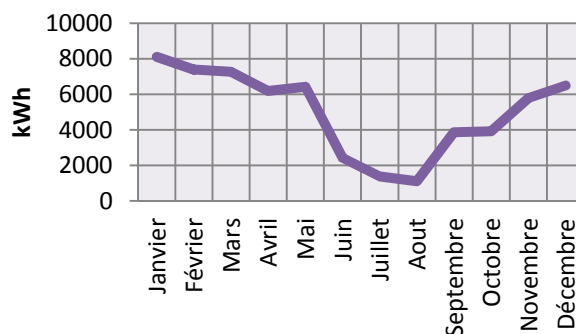


Figure II.14: Consommation mensuelle du gaz (NAFTAL 2012)

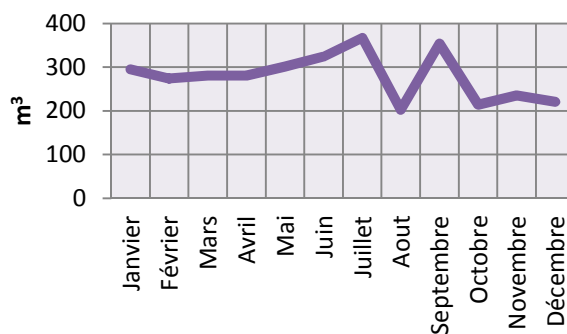


Figure II.15: Consommation mensuelle de l'eau (NAFTAL 2012)

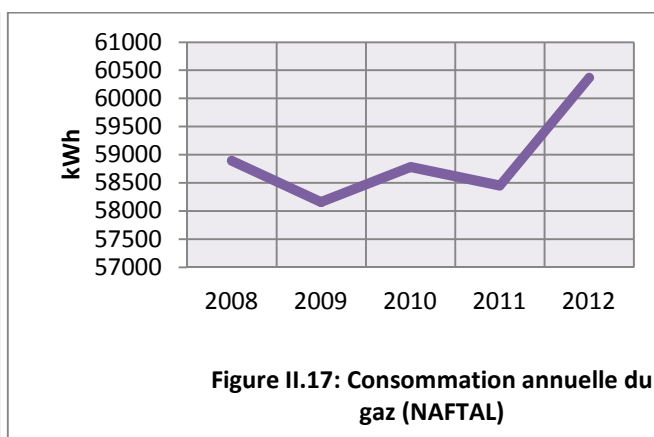
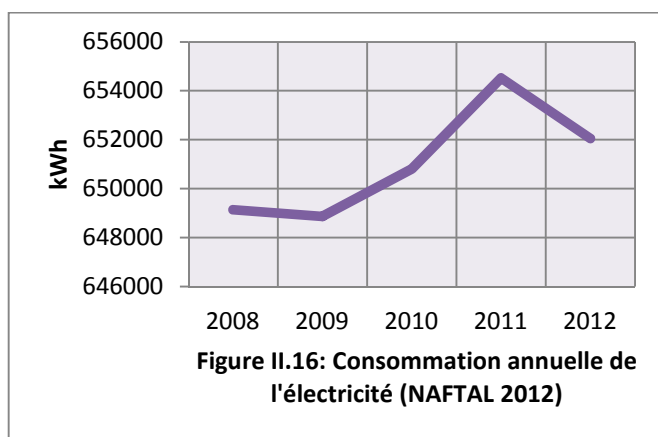
- **Interprétation des courbes**

Il connaît presque une tendance assimilable au complexe SNVI. La différence c'est que NAFTAL consomme plus d'énergie essentiellement de l'électricité. La station de ravitaillement, de NAFTAL, équipée par des pompes à carburant, consomme beaucoup plus de l'électricité par rapport à ce que la climatisation consomme. Plus la demande est en hausse plus la consommation en électricité augmente. Le gaz est utilisé pour le chauffage et l'eau pour l'entretien des bureaux et les besoins sanitaire ainsi pour la consommation.

2.4 Le complexe NAFTAL (données annuelles durant cinq années)

Année	Electricité (kWh)	Gaz (kWh)	Eau (m ³)
2008	649142	58890	3245
2009	648871	58160	3321
2010	650814	58780	3200
2011	654521	58450	3521
2012	652049	60370	3349

Tableau II.5 : La consommation de l'électricité, gaz et l'eau au niveau du complexe NAFTAL durant cinq (05) années



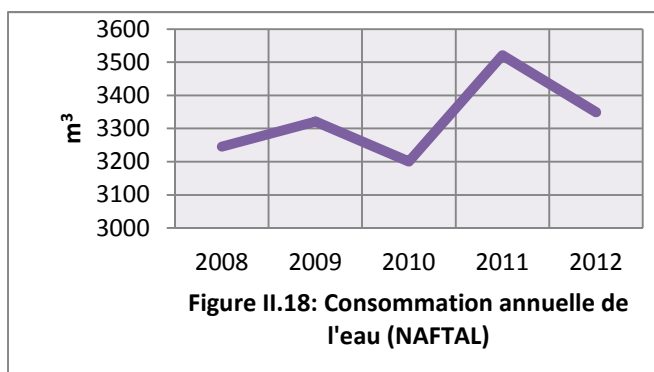


Figure II.18: Consommation annuelle de l'eau (NAFTAL)

• Interprétation des courbes

Le complexe industriel NAFTAL a augmenté ses ventes en carburant ces dernières années, par conséquent une hausse de consommation de l'énergie est enregistrée. La chute de consommation de l'électricité, enregistrée durant l'année 2012, est due à un arrêt de travail de deux mois.

▪ Déchets

Sont insignifiants dans la mesure où ce complexe n'opère pas dans un créneau de production mais dans de la distribution et le stockage.

2.5 Le complexe ALDPHA (données mensuelles pour l'année 2012 plus la quantité de déchet produite)

Année 2012	Electricité (kWh)	Gaz (kWh)	Eau (m ³)	Déchet en (Kg)
Janvier	91057	89950	181	4550
Février	132394	85170	253	2427
Mars	90527	95720	306	2427
Avril	153262	80690	467	5088
Mai	126112	70880	509	3219
Juin	164091	52160	620	2252
Juillet	183658	54170	930	2746
Aout	131805	47050	833	2060
Septembre	193731	64920	452	5345
Octobre	192201	59060	509	2900
Novembre	157364	64940	378	2804
Décembre	99123	73110	361	2351
Total	1715325	837820	5797	38169

Tableau II.6 : La consommation de l'électricité, gaz, et l'eau pour au complexe ALDAPH pour l'année 2012 plus la quantité de déchet produite

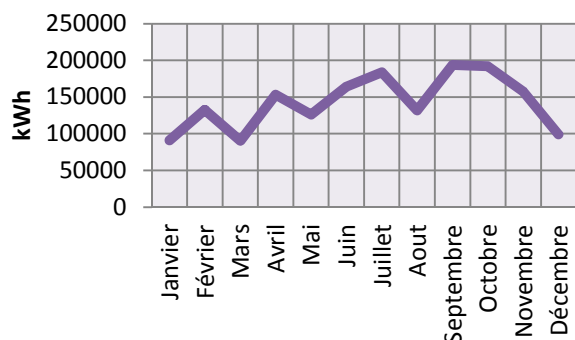


Figure II.19: Consommation mensuelle de l'électricité (ALDAPH 2012)

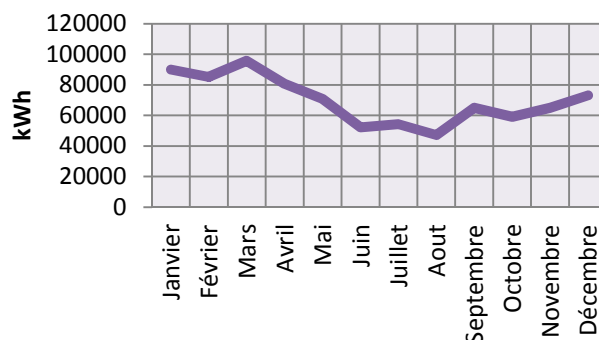


Figure II.20: Consommation mensuelle du gaz (ALDAPH 2012)

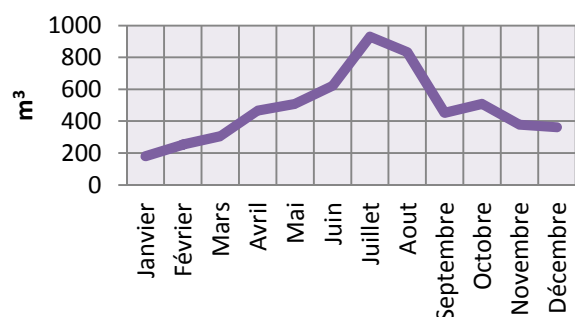


Figure II.21: Consommation mensuelle de l'eau (ALDAPH 2012)

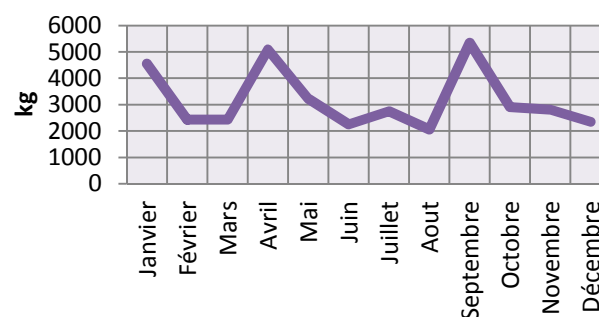


Figure II.22: Quantité mensuelle de déchet produite (ALDAPH 2012)

• Interprétation des courbes

Le complexe ALDAPH est opérationnel depuis septembre 2005, l'année où il a débuté sa production. Ce complexe connaît une forte hausse de consommation d'énergie depuis sa mise en service. Il est composé de plusieurs bureaux qui nécessitent une meilleure prise en charge en matière d'hygiène, d'autant plus que ce laboratoire opère dans le secteur pharmaceutique, produit et commercialise des antidiabétiques oraux. En conséquence une forte demande en énergie.

La climatisation, l'éclairage et le chauffage occupent une part importante de cette consommation suivies de l'usage d'appareils électriques. L'écart de consommation du gaz entre l'hiver et l'été, témoigne de son usage limité au chauffage contrairement à l'électricité qui ne se limite pas seulement à la climatisation mais aussi pour d'autres besoins essentiellement aux fonctionnements des appareils pharmaceutiques.

2.6 Le complexe ALDAPH (données annuelles durant six années plus la quantité de déchet produite)

Année	Electricité (kWh)	Gaz (kWh)	Eau (m ³)	Déchet en (Kg)
2007	271229	258950	11465	804,94
2008	271229	248200	6620	6553,55
2009	291411	400630	9807	5967,933
2010	755829	597170	6739	12627,78
2011	1271771	654380	4852	14473,12
2012	1715325	837820	5797	38169

Tableau II.7 : La consommation de l'électricité, du gaz, et de l'eau au niveau du complexe ALDAPH durant six (06) années ainsi que les déchets produites

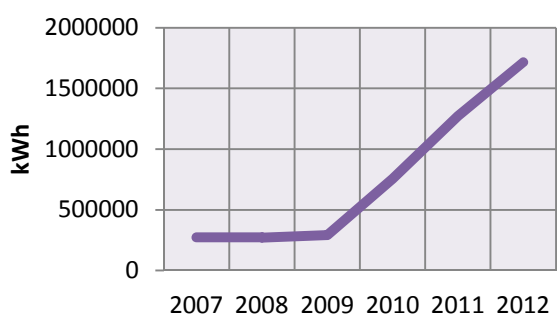


Figure II.23: Consommation annuelle de l'électricité (ALDAPH)

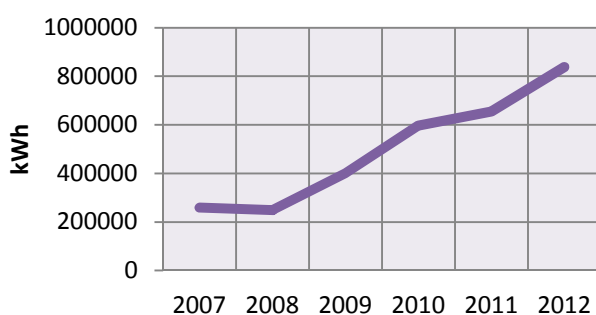


Figure II.24: Consommation annuelle du gaz (ALDAPH)

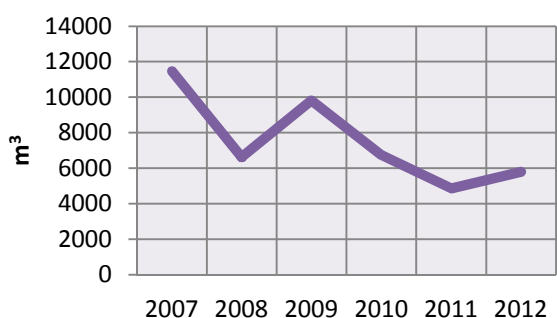


Figure II.25: Consommation annuelle de l'eau (ALDAPH)

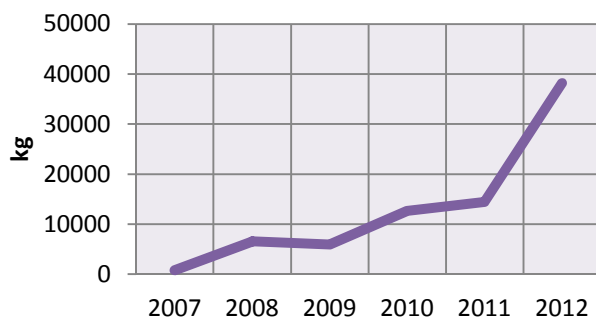


Figure II.26: Quantité annuelle de déchet produite (ALDAPH)

- **Interprétation des courbes**

L'usine a connu des extensions et a élargi sa production vers d'autres médicaments ce qui engendre l'augmentation de la consommation d'énergie

La consommation de l'eau est plus importante durant les premières années de la création de ce complexe, par la suite on remarque une chute d'une année à une autre.

- **Déchets**

Le complexe ALDAPH a produit 38169 kg de déchets pharmaceutiques durant l'année 2012. ces déchets sont considérés comme des déchets spéciaux dangereux (DSD).

Remarque :

Tous les déchets, produits au niveau du complexe, sont incinérés au niveau de l'incinérateur de l'hôpital.

2.7 Le complexe ENIEM (données mensuelles pour l'année 2012 plus la quantité de déchet produite)

Année 2012	Electricité (kWh)	Gaz (kWh)	Eau (m ³)	Déchet en (Kg)
Janvier	733373.5	1761680	30166	3432798
Février	397847.87	1021960	5146	3070049
Mars	498080.78	1180020	7855	3222753
Avril	611320	1545090	11153	3365031
Mai	671320	1015740	18656	3348493
Juin	841630	1157390	24923	3705022
Juillet	638100	621950.5	19490	3159521
Aout	612460	524300	14176	3135717
Septembre	528980	707300	7513	3072703
Octobre	673200	985930.47	15593	3335277
Novembre	668350	1206380	5153	3332951
Décembre	670080	1522110	17491	3527397
Total	7544742.15	12613280.97	177315	39707712

Tableau II.8 : La consommation de l'électricité, du gaz, et de l'eau au complexe ENIEM pour l'année 2012 plus la quantité de déchet produite

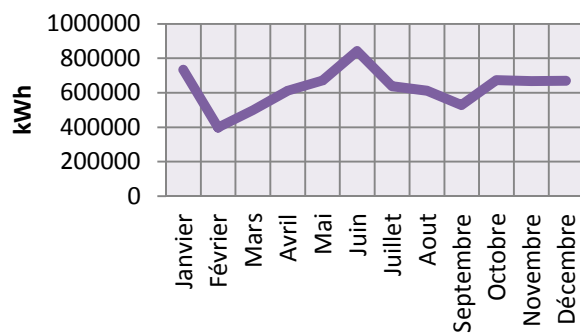


Figure II.27: Consommation mensuelle de l'électricité (ENIEM 2012)

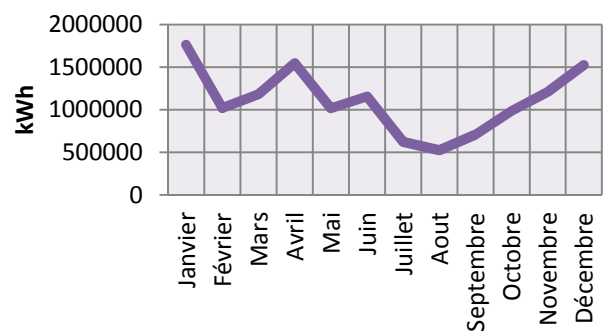


Figure II.28: Consommation mensuelle du gaz (ENIEM 2012)

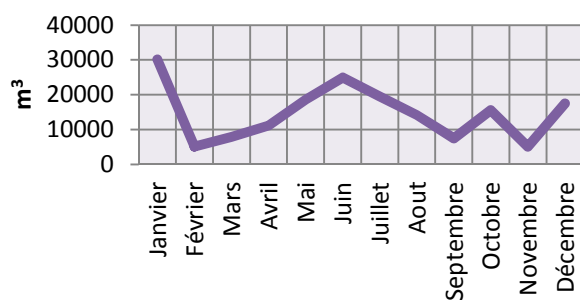


Figure II.29: Consommation mensuelle de l'eau (ENIEM 2012)

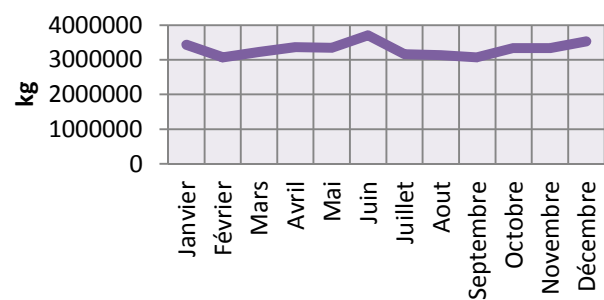


Figure II.30: Quantité mensuelle de déchets produite (ENIEM 2012)

• Interprétation des courbes

La consommation de l'électricité est en hausse durant la saison d'hiver, cela est dû à la forte demande car le rendement est plus important en hiver qu'en été.

L'électricité alimente les machines de production des différents ateliers, l'éclairage, le chauffage et la climatisation.

La consommation du gaz baisse pendant la saison chaude car l'eau se trouve à des températures largement supérieures par rapport à l'hiver, par conséquent, la demande en gaz diminue.

On remarque aussi une chute de consommation de l'électricité et du gaz pendant le mois de février qui est à l'origine d'une grève observée par le personnel de l'entreprise pendant cette période (entre les deux mois de février et mars).

2.8 Le complexe ENIEM (données annuelles durant six années plus la quantité de déchet produite)

Année	Electricité (kWh)	Gaz (kWh)	Eau (m ³)	Déchet en (Kg)
2008	7504417	41505734.93	227514	39591405
2009	8361340	28133472.7	229833	40742137
1010	8020754.09	14355250.6	201446	40598874
1011	7601113.05	12846771	192543	39915480
1012	7544742.15	12613287.97	177315	39707712

Tableau II.9 : La consommation de l'électricité, du gaz, et de l'eau au niveau du complexe ENIEM durant six (05) années plus la quantité de déchet produite

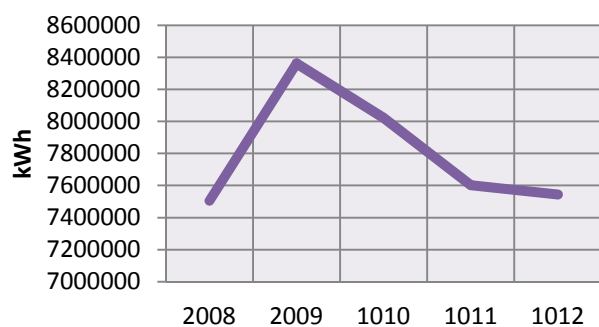


Figure II.31: Consommation annuelle de l'électricité (ENIEM)

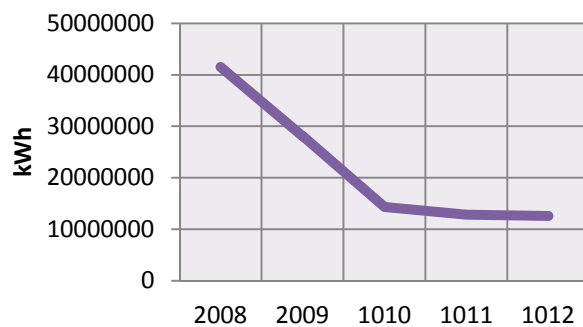


Figure II.32: Consommation annuelle du gaz (ENIEM)

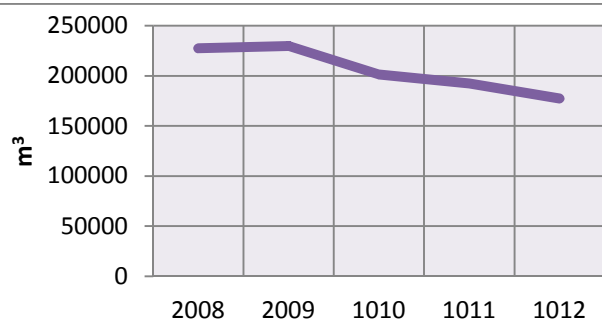


Figure II.33: Consommation annuelle de l'eau (ENIEM)

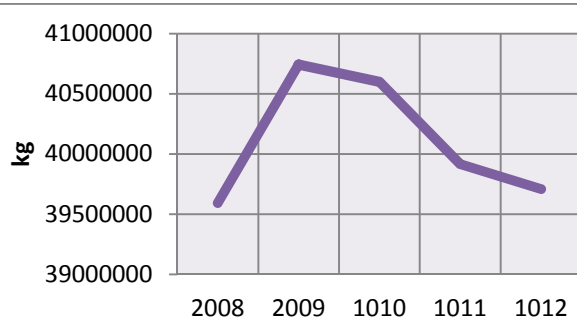


Figure II.34: Quantité annuelle de déchet produite (ENIEM)

• Interprétation des courbes

Le complexe ENIEM constitue une exception par rapport aux autres industriels dans la mesure où celui-ci suit une politique d'optimisation et de rationalisation de la consommation des énergies qui s'inscrit dans le développement durable.

- Intégrant un management proactif dans le domaine de la protection de l'environnement.
- Fixant un objectif de réduire la consommation de 5% du gaz et de l'électricité.
- Adoptant une démarche « qualité et environnement » qui a porté ses fruits dans la mesure où la consommation de l'énergie a connu une baisse depuis 2009 pour l'électricité et de 2008 pour le gaz

Le gaz est utilisé dans :

- ❖ La chaufferie à vapeur (composition avec le polystyrène pour compacter)
- ❖ Chaufferie (production de l'eau surchauffée, bain de traitement pour le dégraissage et le décapage).
- ❖ Brûleur le séchage (dans la chambre de combustion).
- ❖ Séchage de peinture des pièces.

L'eau est utilisée généralement dans :

- ❖ Des ateliers de traitement des surfaces métalliques.
- ❖ Chaîne de modélisation et le maillage.

Remarque :

Le complexe ENIEM fixe le congé pendant le mois de septembre. Mais quand la demande n'est pas satisfaite, cela oblige l'ENIEM de monter des équipes de travail durant ce mois afin de répondre à la demande, par conséquent la consommation augmente.

▪ Déchets

La production des déchets connaît aussi une augmentation significative suivant l'augmentation de la consommation du gaz en hiver, plus au moins faible durant l'été. L'hiver est plus favorable en matière de rendement par rapport à l'été.

Les déchets du complexe ENIEM sont composés de Déchets ménagés assimilés, déchets inertes, déchets spéciaux, déchets spéciaux dangereux et déchets non spécifiés.

➤ Mode de gestion des déchets d'ENIEM

Les déchets ménagés assimilés, les déchets spéciaux et les déchets inertes (déchet non dangereux), composés du verre, plastique, métal, papier et carton, sont exportés pour être recyclés. D'autres déchets, comme la matière organique, est jeté directement dans la décharge publique. En revanche, les déchets spéciaux dangereux sont stockés. Ils sont composés essentiellement de boues aqueuses, de boues résiduelles, de boues des anciens processus et des produits chimiques.

Les déchets dangereux : le complexe ENIEM a produit 33642 kg de déchets dangereux avec un critère de dangerosité différent (toxique, nocif, inflammable, comburant, dangereux pour l'environnement). Ces déchets se trouvent en stock.

Les déchets recyclables : Les déchets recyclables qui composent essentiellement du plastique, du verre, du métal, du papier carton, du bois et d'autres matières sont exportés. .

Matière	Quantité [kg]	Pourcentage [%]
Verre	1238	0,10%
Plastique	23522	1,90%
Métal	507580	41,00%
papier et carton	101516	8,20%
matière organique	458060	37,00%
Bois	99040	8,00%
autre matière	47044	3,80%
Total	1238000	100,00%

Tableau II.10 : Représente la part des déchets recyclables produits à l'ENIEM

Conclusion

La hausse de la consommation d'énergie, observée durant ces dernières années au niveau de la zone industrielle Oued-Aissi, témoigne d'une société qui cherche de plus en plus du confort, cela a une lourde conséquence sur l'environnement.

CHAPITRE III

Evaluation environnemental

Empreinte CO₂

Introduction

Dans ce chapitre, nous nous intéressons à l'évaluation de l'empreinte carbone générée, au niveau de la zone industrielle Oued-Aissi, par ces différents complexes. Pour procéder, le choix se porte sur :

- L'étude mensuelle de l'empreinte carbone durant l'année 2012.
- L'étude annuelle de l'empreinte carbone durant les cinq dernières années, de l'année 2008 jusqu'à l'année 2012.

Le calcul d'empreinte carbone se fait par le calculateur d'émission « **sunearthtools** » (voir page 33).

III.1 Le bilan carbone :

Le bilan carbone est une méthode de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre (GES) à partir de données facilement disponibles pour parvenir à une bonne évaluation des émissions directes ou induites par une activité. Son objectif consiste à donner les moyens de lutter contre le réchauffement climatique par l'établissement de priorités d'actions, quelles que soient les marges de manœuvre disponibles et le type d'activité.

Telle que la création d'un produit, d'une électricité, d'une chaleur, d'un voyage, d'un événement ou d'un aliment. La mesure d'unité utilisée est l'équivalent d'anhydride carbonique.

Le calcul de l'empreinte de pas de carbone dépend de beaucoup de facteurs. Le même objet, produit de deux manières différentes, peut avoir deux empreintes de pas complètement différentes.

III.2 Principe du Bilan Carbone [10]

Les résultats, hiérarchisés par postes d'émissions en fonction de leur importance, permettent de poser un diagnostic "effet de serre" sur l'activité et d'envisager des pistes de réduction de ces gaz qui sont:

- **Gaz carbone (CO₂) 50%** : toute combustion, de toute élément d'origine organique, génère de CO₂, l'ensemble des industries, moyens de chauffage, moyens de transports génère de très grandes quantités.
- **Méthane (CH₄) 13%** : Le méthane est un gaz à effet de serre 20 fois plus puissant que le CO₂. C'est un hydrocarbure de la famille des alcanes. Il est le composant principal du gaz naturel. Il est issu de la dégradation des éléments organiques.

- **Ozone 7%** : son origine naturelle est liée à l'activité électrique dans l'atmosphère, mais il se forme également à la suite de réactions photochimiques sous l'effet de la lumière solaire et du gaz tels que les oxydes d'azote ou les composés organique volatils comme l'hydrocarbure présents dans les imbrulés. L'ozone est à l'origine des pics de pollution durant les mois d'été.
- **Chlorofluorocarbure (CFC) 17%** : produit par les pompes à chaleur, les réfrigérateurs, les climatiseurs, etc.
- **Protoxyde d'azote (NO₂) 13%** : les moteurs qui en sont les sources principales. La méthode permet de prendre en compte tous les flux physiques qui concernent l'activité (flux d'objets, d'énergie) et de lui faire correspondre les émissions de GES qu'elle engendre, en combinant observations (mesures directes et indirectes sur le site de l'activité) et calculs à partir de facteur d'émission. La mise au point de la méthode a consisté, pour une large part, à l'agrégation des facteurs d'émission. Ils concernent :
 - La consommation directe d'énergie ;
 - Les utilisations de transports ;
 - La fin de vie des déchets, selon le mode de gestion (incinération, recyclage, décharge) ;
 - Les émissions liées à la production d'un kWh électrique dépendent des sources d'énergie qui sont à l'origine de la production de cette électricité. Celle-ci peut en effet être issue du charbon, du gaz, du pétrole, d'énergie hydraulique, éolienne, solaire et nucléaire.

III.3 Les émissions de CO₂

III.3.1 Industrie [11]

L'industrie est l'ensemble des activités socioéconomiques tournées vers la production en série de biens grâce à la transformation des matières premières ou de matières ayant déjà subi une ou plusieurs transformations et à l'exploitation des sources d'énergie

Une aciérie-type produisant 1Mt d'acier par an émet en moyenne :

- 1,8 Mt CO₂ /an pour une aciérie de la filière classique (1,8 t CO₂ par tonne d'acier)
- 0,5 Mt CO₂ /an pour une aciérie de la filière électrique (refonte de déchets) = (0,5 t CO₂ par tonne d'acier correspondant aux émissions indirectes dues à l'électricité).
- 0,35 Mt CO₂ /an pour une cimenterie-type produisant 500 000 t/an (0,7 t CO₂ par tonne de ciment).
- 0,09 Mt CO₂ /an pour une verrerie-type produisant 150 000 t/an (0,6 t CO₂ par tonne de verre).

III.3.2 Transports [11]

- 0,25 t CO₂ en voiture de moyenne cylindrée (1 600 cm³), soit 250 g CO₂/km. Augmenter le nombre de passagers réduit proportionnellement ces émissions.
- 0,27 t CO₂ en avion (au taux de remplissage de 75 %). Plus le trajet est court et plus il est émetteur au kilomètre car le décollage et l'atterrissage sont proportionnellement plus gourmands en carburant

III.3.3 Production, consommation d'électricité et CO₂ [11]

1kWh électrique, produit à partir du charbon, rejette près de 1kg de CO₂ alors que le même kWh, produit à partir d'énergie éolienne, n'en dégage que 3 à 20g. Sur ce point, l'énergie nucléaire, avec 6g de CO₂ dégagé par kWh produit, est très performante

Une centrale-type d'une capacité de 250 MW fonctionnant en base (8 000 h/an) émet :

- 1,7 Mt CO₂/an pour une centrale à charbon (0,87 t CO₂/MWh, avec un taux d'efficacité thermique de 40 %).
- 0,72 Mt CO₂ /an pour une centrale à gaz (0,36 t CO₂/MWh, avec un taux d'efficacité thermique de 55 %) [11].

III.3.4 Les combustibles [12]

Les principaux combustibles sont :

Essence (Essence) : $2 \text{ C}_8\text{H}_{18} + 25 \text{ O}_2 \longrightarrow 16 \text{ CO}_2 + 18 \text{ H}_2\text{O} + \text{énergie}$

2 moles de C₈H₁₈ (114 g/mol) donnent 16 moles de CO₂ (44 g/mol) alors :

228 g du combustible donne 704g de CO₂ d'où :

1 kilogramme d'essence produit 3.088 kilogrammes de CO₂.

1 litre de d'essence produit 2.22 kilogrammes de CO₂.

C₁₂H₂₃ Diesel : $4 \text{ C}_{12}\text{H}_{23} + 71 \text{ O}_2 \longrightarrow 48 \text{ CO}_2 + 46 \text{ H}_2\text{O} + \text{énergie}$

4 moles de C₁₂H₂₃ (167.3121 g/mol) donnent 48 moles de CO₂ (44 g/mol) alors :

669.25g du combustible donne 2112g de CO₂ d'où :

1 kilogramme de diesel produit 3.16 kilogrammes de CO₂.

1 litre de diesel produit 2.63 kilogrammes de CO₂.

C₅₀H₉₃ Diesel : $C_{50}H_{93} + 193/4 O_2 \longrightarrow 50CO_2 + 93/2 H_2O + \text{énergie}$

1 mole de C₅₀H₉₃ (694.27342 g/mol) donne 50 moles de CO₂ (44 g/mol) alors :

694.27g du combustible donne 2200g de CO₂ d'où :

1 kilogramme de diesel produit 3.17 kilogrammes de CO₂.

GPL: $C_3H_8 + 5 O_2 \longrightarrow 3 CO_2 + 4 H_2O + \text{énergie}$

1 mol C₃H₈ (44 g/mol) donne 3 mol CO₂ (44 g/mol) alors :

44g du combustible donne 132g du CO₂ d'où:

1 kg de GPL produit 3 kg de CO₂.

Methane: $CH_4 + 2 O_2 \longrightarrow CO_2 + 2 H_2O + \text{énergie}$

1 mol CH₄ (16 g/mol) donne 1 mol CO₂ (44 g/mol) alors:

16g du combustible donne 44g d'ou:

1 kg de Methane produit 2.75 kg de CO₂.

Methanol: $CH_3OH + 3/2 O_2 \longrightarrow CO_2 + 2 H_2O + \text{energie}$

1 mol CH₃OH (32 g/mol) donne 1 mol CO₂ (44 g/mol) alors:

32g du combustible donne 44g de CO₂ d'où :

1 kg de Methanol produit 1.38 kg de CO₂.

Ethanol: $C_2H_5OH + 3 O_2 \longrightarrow 2 CO_2 + 3 H_2O + \text{énergie}$

1 mol C₂H₅OH (46 g/mol) donne 2 mol CO₂ (44 g/mol) alors:

46g du combustible donne 88g de CO₂ d'ou:

1 kg d'Ethanol produit 1.91 kg de CO₂.

1 litre d'Ethanol produit 1.51 kg de CO₂.

Biodiesel Methyl Linoleate: $C_{19}H_{34}O_2 + (53/2) O_2 \longrightarrow 19 CO_2 + 17 H_2O + \text{énergie}$

1 mol C₁₉H₃₄O₂ (294.4739 g/mol) donne 19 mol CO₂ (44 g/mol) alors:

294.4739g du combustible donne 836g de CO₂ d'où :

1 kg de Biodiesel C₁₉H₃₄O₂ produit 2.84 kg de CO₂.

III.4 Les émissions de CO₂ par kWh générées par le complexe Oued-Aissi

Pour procéder, on utilise le calculateur d'empreinte carbone afin de calculer les émissions CO₂ produite au niveau de la zone industrielle Oued-Aissi.

4.1 Présentation du calculateur « Sunearthtools » [08]

L'émission du carbone CO₂ d'anhydrite grammes par kWh d'électricité produite, varie considérablement entre les pays (380 grammes de CO₂/kWh pour le gaz naturel et 547.8543 grammes de CO₂ pour produire de l'électricité qui représente une référence en Algérie) et dépend de la combinaison des sources d'énergie utilisées pour produire de l'énergie à émissions de CO₂ par kWh d'électricité et de chaleur génération, considérez les émissions de CO₂ provenant des combustibles fossiles consommés pour l'électricité, de chaleur et d'électricité et de chaleur principales usines d'activité divisée par la production d'électricité et de chaleur générée par les combustibles fossiles, nucléaire, hydroélectricité (hors accumulation par pompage), l'énergie géothermique, solaire et biomasse . Les deux producteurs activité principale et l'auto productrice ont été incluses dans le calcul des émissions.

Si nous avons considéré que la production d'électricité (sans chaleur) les valeurs seront plus.

Parmi les sources d'énergie sont le pétrole, le gaz naturel, le charbon, les déchets municipaux (thermique), l'uranium enrichi (nucléaire, les gradients de l'eau (hydroélectricité), la chaleur de la terre (géothermie), le vent (énergie éolienne), le soleil (photovoltaïque, solaire thermique), la biomasse, etc. Chaque nation a un mélange de centrales électriques qui utilisent différentes sources d'énergie, alors la valeur de kg CO₂ / kWh sera différent pour chaque pays, ce facteur peut être utilisé pour calculer le kg d'émissions de CO₂ évitées dans l'environnement dans le pays ou est installé le matériel PV.CO₂ de gaz à dans l'atmosphère est la principale cause du réchauffement climatique, qui affecte directement la température (voir la figure IV.1).

Energy kWh	Electricity mix	CO ₂ grammes/kWh	CO ₂ kg	Emissions CO ₂ lb	TOE ton oil equivalent
Calcul de CO2 pour produire de l'électricité en kWh 					
10020932.1		547.8543	5490.01 ton	5403.30 long tn	861.644836 ton
Les émissions de CO2 par kWh d'électricité et de chaleur 					
10020932.1	Algeria	547.8543	NaN kg	NaN lb	861.644836 ton
Les émissions de CO2, la comparaison entre différentes sources d'énergie 					
13548587.9	Natural gas	380	5148.46 ton	5067.15 long tn	1164.968556 to

Figure IV.1 : Quantité total de CO₂ produite au niveau de la zone industrielle pour l'année 2012

4.2 Les émissions produites dans chaque complexe

Pour évaluer les émissions, dans chaque complexe industriel, on suit la même procédure. En final, on obtiendra des courbes qui dépendent directement du taux de consommation de l'électricité ainsi que du gaz, car les émissions produites suivent leurs évolutions donc, nous avons la même interprétation que celle de la consommation du gaz et de l'électricité (voir Chapitre. II)

4.2.1 Les émissions produites au niveau du complexe SNVI durant l'année 2012

Année 2012	CO ₂ produit par la consommation de l'électricité (Kg)	CO ₂ produit par la consommation du gaz (Kg)
janvier	5320,76	1976
Février	5270,36	1903,8
Mars	4936,72	988
Avril	4912,61	1273
Mai	4986,57	1007
Juin	5507,03	741
Juillet	5607,29	706,8
Aout	3987,28	475
Septembre	4826,6	893
Octobre	4917,54	893
Novembre	4679,22	1596
Décembre	4663,34	1649,2

Tableau III.1 : Quantité totale de CO₂ produite au niveau du complexe SNVI durant l'année 2012

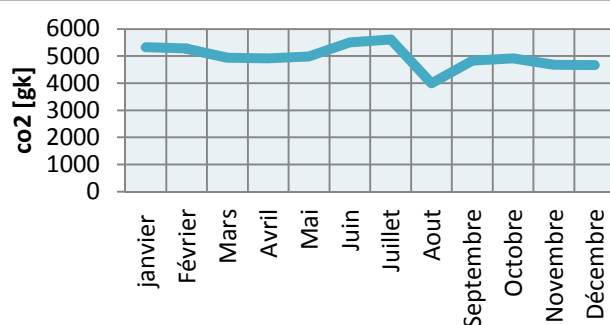


Figure III.2: Quantité de CO₂ produite par la consommation de l'électricité (SNVI 2012)

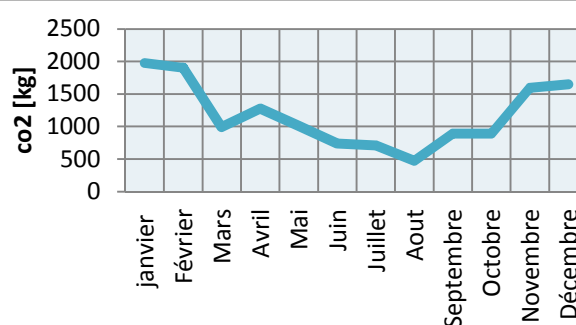
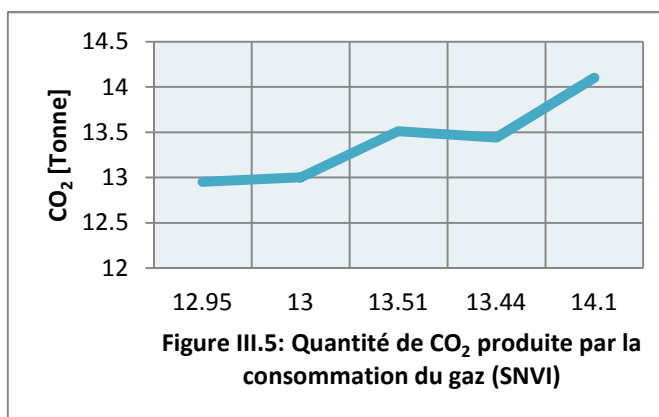
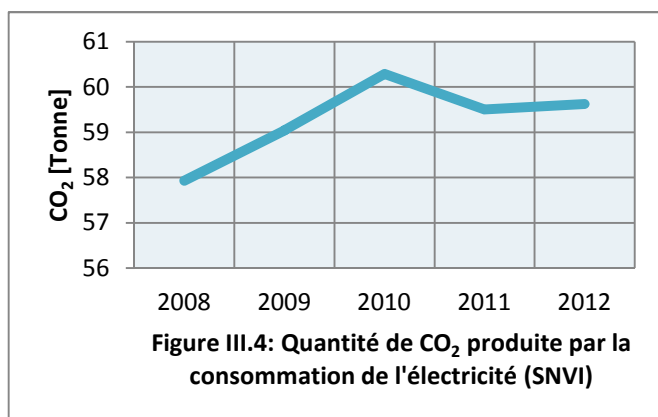


Figure III.3: Quantité de CO₂ produite par la consommation du gaz (SNVI 2012)

4.2.2 Les émissions produites au niveau du complexe SNVI durant cinq années

Année	CO ₂ produit du à la consommation de l'électricité (Tonne)	CO ₂ produit par la consommation du gaz (Tonne)
2008	57,93	12,95
2009	59,04	13
2010	60,29	13,51
2011	59,5	13,44
2012	59,62	14,1

Tableau III.2 : Quantité totale de CO₂ produite au niveau complexe SNVI durant cinq années (2008-2012)



4.2. 3 Les émissions produites au niveau du complexe NAFTAL durant l'année 2012

Mois	CO ₂ produit par la consommation de l'électricité (Tonne)	CO ₂ produit par la consommation du gaz (kg)
janvier	31,44	3078
Février	28,56	2808,2
Mars	29,89	2762,6
Avril	30,01	2348,4
Mai	29,2	2439,6
Juin	32,8	919,6
Juillet	30,97	528,2
Aout	22,76	425,6
Septembre	34,04	1466,8
Octobre	28,08	1489,6
Novembre	28,57	2204
Décembre	30,9	2470

Tableau III.3 : Quantité totale de CO₂ produite au niveau complexe NAFTAL durant l'année 2012

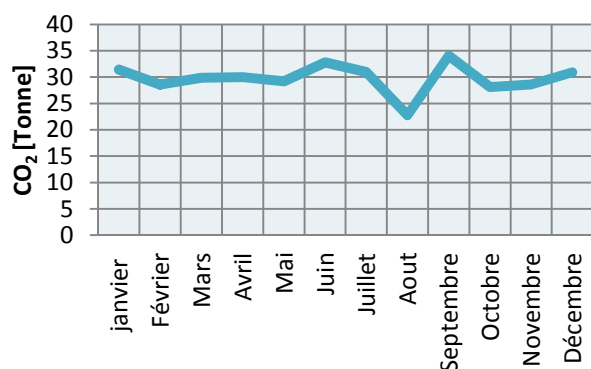


Figure III.6: Quantité de CO₂ produite par la consommation de l'électricité (NAFTAL)

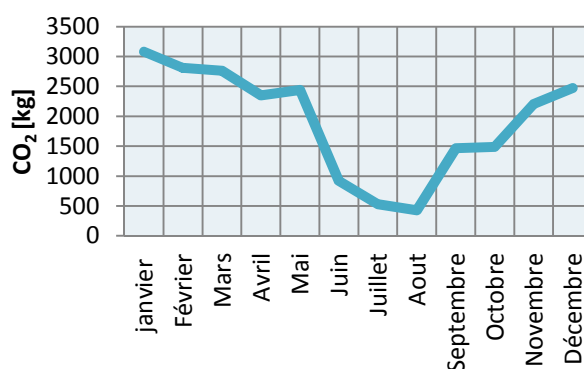


Figure III.7: Quantité de CO₂ produite par la consommation du gaz (NAFTAL)

4.2.4 Les émissions produites au niveau du complexe NAFTAL durant cinq années

Année	CO ₂ produit par la consommation de l'électricité (Tonne)	CO ₂ produit par la consommation du gaz (Tonne)
2008	355,64	22,38
2009	355,49	22,1
2010	356,55	22,34
2011	358,58	22,21
2012	357,23	22,94

Tableau III.4 : Quantité total de CO₂ produite au niveau complexe NAFTAL durant cinq années (2008-2012)

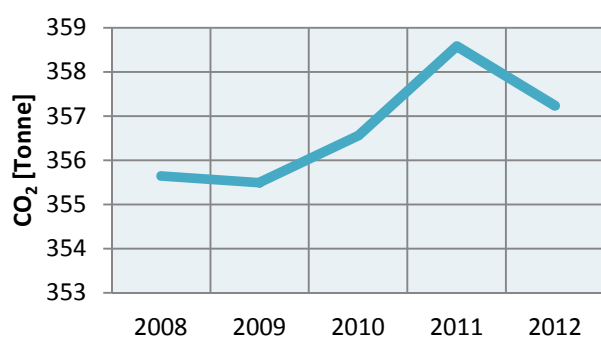


Figure III.8: Quantité de CO₂ produite par la consommation de l'électricité, (NAFTAL)

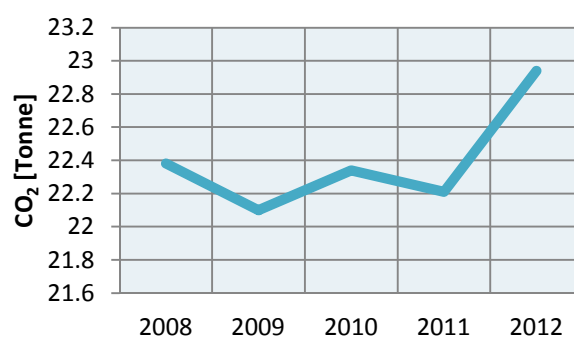
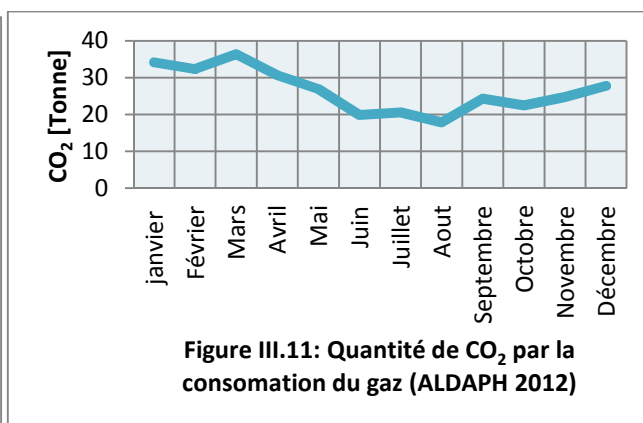
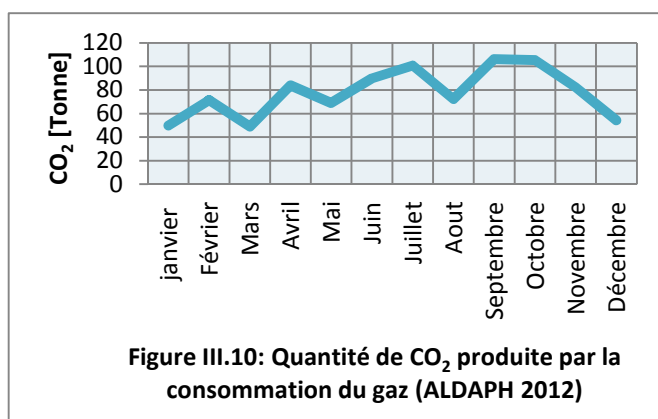


Figure III.9: Quantité de CO₂ produite par la consommation du gaz, (NAFTAL)

4.2. 5 Les émissions produites au niveau du complexe ALDAPH durant l'année 2012

Mois	CO ₂ produit par la consommation du l'électricité (Tonne)	CO ₂ produit par la consommation du gaz (tonne)
janvier	49,89	34,18
Février	71,39	32,36
Mars	48,81	36,37
Avril	83,97	30,66
Mai	69,09	26,93
Juin	89,9	19,82
Juillet	100,62	20,58
Aout	72,21	17,88
Septembre	106,14	24,28
Octobre	105,3	22,44
Novembre	82,21	24,68
Décembre	54,3	27,78

Tableau III.5 : Quantité totale de CO₂ produite au niveau complexe ALDAPH durant l' année 2012



4.2.6 Les émissions produites au niveau du complexe ALDAPH durant cinq années

Année	CO ₂ produit du à la consommation de l'électricité (Tonne)	CO ₂ produit du à la consommation du gaz (Tonne)
2008	148,54	94,32
2009	159,56	152,24
2010	413,92	226,92
2011	696,55	248,66
2012	939,57	313,34

Tableau III.6 : Quantité totale de CO₂ produite au niveau complexe ALDAPH durant cinq années (2008-2012)

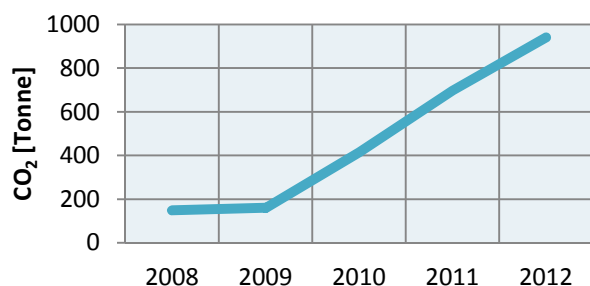


Figure III.12: Quantité de CO₂ produite par la consommation de l'électricité (ALDAPH)

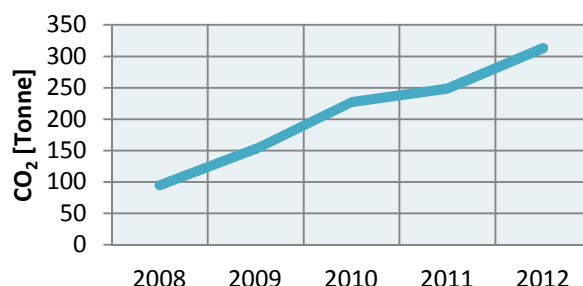


Figure III.13: Quantité de CO₂ produite par la consommation du gaz (ALDAPH)

4.2.7 Les émissions produites au niveau du complexe ENIEM durant l'année 2012

Mois	CO ₂ produit par la consommation de l'électricité en (Tonne)	CO ₂ produit par la consommation du gaz en (Tonne)
janvier	401,78	669,44
Février	217,96	388,34
Mars	272,88	448,41
Avril	334,91	587,41
Mai	367,79	385,98
Juin	461,09	439,81
Juillet	349,59	236,34
Aout	280,75	199,23
Septembre	289,8	268,77
Octobre	362,99	374,65
Novembre	366,16	458,42
Décembre	367,11	569,27

Tableau IV.7 : Quantité totale de CO₂ produite au niveau complexe ENIEM durant l'année 2012

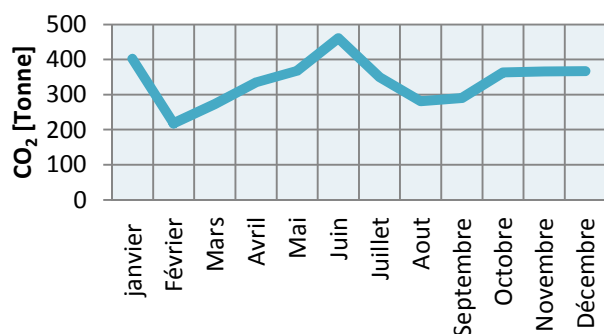


Figure III.14: Quantité de CO₂ produite par la consommation de l'électricité (ENIEM 2012)

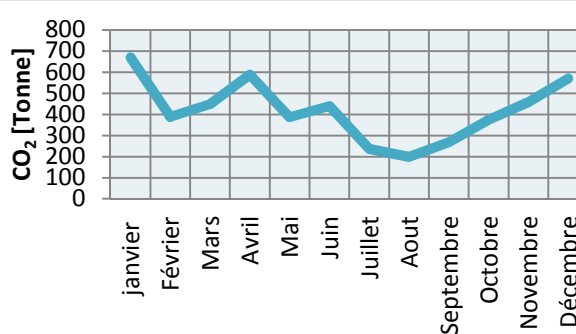


Figure III.15: Quantité de CO₂ produite par la consommation du gaz (ENIEM 2012)

4.2.8 Les émissions produites au niveau du complexe ENIEM durant cinq années

Année	CO ₂ produit par la consommation de l'électricité en (Tonne)	CO ₂ produit par la consommation du gaz en (Tonne)
2008	4111,33	15523,18
2009	4580,8	10690,72
2010	4394,2	54555
2011	4164,3	4804,67
2012	4133,42	4793,05

Tableau III.8 : Quantité total de CO₂ produite au niveau complexe ENIEM durant cinq années (2008 à 2012)

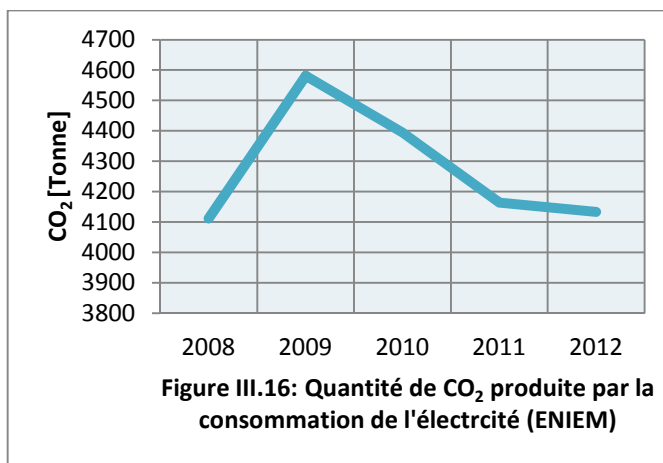


Figure III.16: Quantité de CO₂ produite par la consommation de l'électricité (ENIEM)

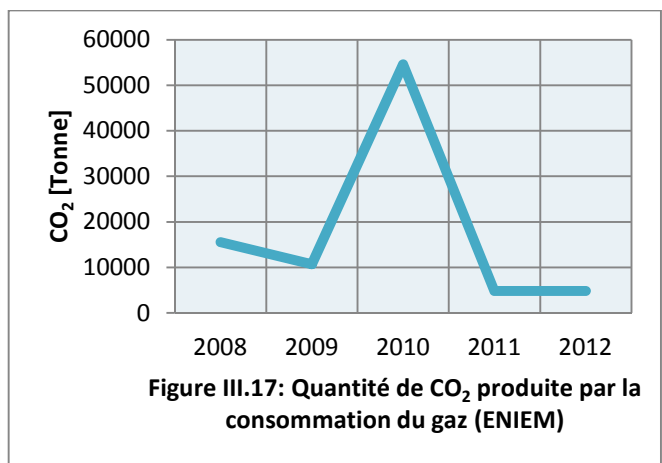


Figure III.17: Quantité de CO₂ produite par la consommation du gaz (ENIEM)

III.5 Compensation de CO₂ par une plantation d'arbre : calculatrice de compensation CO₂ [13] :

Au moyen d'une calculatrice de compensation CO₂, on peut facilement estimer la quantité d'émissions produites (voir la figure III.18).

La clientèle achète quelques crédits offerts par une entreprise qui s'engage à planter des arbres qui absorberont, au cours de leur vie, l'équivalent des émissions polluantes. A titre d'exemple, Air Canada propose à sa clientèle ce type de service en collaboration avec l'organisme sans but lucratif Zerofootprint. Depuis le lancement de ce programme en mai 2007, les passagers d'Air Canada ont compensé un total de 2224 tonnes d'émissions de CO₂ grâce à 445 arbres plantés dans le cadre d'un projet forestier de restauration situé à Maple Ridge en Colombie-Britannique. Cette mesure équivaut à retirer 727 voitures de la circulation pendant une année.

Des programmes d'achat de crédits de carbone par la plantation d'arbres s'expliquent par leur simplicité et par l'image verte et propre qu'ils projettent. Du point de vue commercial, les coûts de mise en œuvre de puits de carbone forestier sont 90% moins élevés que la mise au point et l'implantation de technologies éco-énergétiques. Si la plantation d'arbres est un pas dans la bonne direction, il faut néanmoins prendre conscience des enjeux entourant les projets de séquestration du carbone.

On se rend compte que les arbres ont un important rôle à jouer dans la réduction des émissions atmosphériques de gaz à effet de serre. Bien gérés, les programmes de plantation d'arbres peuvent aider à résoudre d'autres problèmes environnementaux et à générer des revenus. Ils peuvent également être une source de problèmes.

III.5.1 Présentation de la calculatrice de compensation CO₂

A partir de cette calculatrice on peut estimer le nombre d'arbre à implanter équivalent au tau des émissions produites pour chaque complexe industriel.

CALCUL DÉTAILLÉ

— **CHAUFFAGE**

RÉSIDENTIEL - GAZ NATUREL

0 kWh/année

— **ÉLECTRICITÉ**

ÉLECTRICITÉ RÉSIDENTIEL ET PME

0 kWh/année

Total de CO₂ pour le chauffage à l'électricité: 0.00

TOTAL :

Tonnes totales CO₂ à compenser: 0.00

Nombre d'arbres à reboiser: 0.00

Prix total: 0.00 \$ + tx

AJOUTER

Figure III.18 : Calculatrice de compensation de CO₂ [13].

Remarque :

Cette calculatrice est applicable lorsque l'électricité est produite avec 100% d'énergie fossile.

III.5.2 Taux de compensation de CO₂ par une plantation d'arbres au niveau de la zone industrielle par les différents complexes durant l'année 2012

Il s'agit d'introduire le taux de consommation total d'électricité et du gaz pendant l'année 2012 afin d'avoir le total de CO₂ à compenser (tonne), le nombre d'arbres à reboiser et le prix total de reboisement.

5.2.1 Taux de compensation de CO₂ au niveau du complexe SNVI

Pour le complexe industriel SNVI la compensation de 72,62 tonne CO₂ correspond à une plantation de 400 arbres

CALCUL DÉTAILLÉ

— **CHAUFFAGE**

RÉSIDENTIEL - GAZ NATUREL

34070 kWh/année

— **ÉLECTRICITÉ**

ÉLECTRICITÉ RÉSIDENTIEL ET PME

108816 kWh/année

TOTAL:

Tonnes totales CO₂ à compenser: **72.62**

Nombre d'arbres à reboiser: **400.00**

Prix total: **1600.00 \$ + tx**

AJOUTER

Figure III.19 : Compensation de CO₂ (SNVI 2012) [13].

Suivant la même procédure on obtiendra les taux de compensation pour les autres complexes industriels, à savoir NAFTAL, ALDAPH et ENIEM

5.2.2 Taux de compensation de CO₂ au niveau du complexe NAFTAL

Pour complexe industriel NAFTAL la compensation de 72,62 tonne CO₂ correspond à une plantation de 2096 arbres.

CALCUL DÉTAILLÉ

— **CHAUFFAGE**

RÉSIDENTIEL - GAZ NATUREL

60370 kWh/année

— **ÉLECTRICITÉ**

ÉLECTRICITÉ RÉSIDENTIEL ET PME

652049 kWh/année

TOTAL :

Tonnes totales CO₂ à compenser: **380.93**

Nombre d'arbres à reboiser: **2096.00**

Prix total: **8384.00 \$ + tx**

AJOUTER

Figure III.20 : Compensation de CO₂ (NAFTAL 2012) [13].

5.2.3 Taux de compensation de CO₂ au niveau du complexe ALDAPH

Pour complexe industriel ALDAPH la compensation de 1263.19 tonne CO₂ correspond à une plantation de 6948 arbres.

CALCUL DÉTAILLÉ

— **CHAUFFAGE**

RÉSIDENTIEL - GAZ NATUREL

837820 kWh/année

— **ÉLECTRICITÉ**

ÉLECTRICITÉ RÉSIDENTIEL ET PME

1715325 kWh/année

TOTAL :

Tonnes totales CO₂ à compenser: **1263.19**

Nombre d'arbres à reboiser: **6948.00**

Prix total: **27792.00 \$ + tx**

AJOUTER

Figure III.21 : Représente la compensation de CO₂ (ALDAPH 2012) [13].

5.2.4 Taux de compensation de CO₂ au niveau du complexe ENIEM

Pour complexe industriel ENIEM la compensation de 8915,85 tonne CO₂ correspond à une plantation de 49038 arbres.

CALCUL DÉTAILLÉ

— CHAUFFAGE

RÉSIDENTIEL - GAZ NATUREL

12613287,9 kWh/année

— ÉLECTRICITÉ

ÉLECTRICITÉ RÉSIDENTIEL ET PME

7544742,15 kWh/année

TOTAL :

Tonnes totales CO₂ à compenser: **8915.85**

Nombre d'arbres à reboiser: **49038.00**

Prix total: **196152.00 \$ + tx**

AJOUTER

Figure III.22 : Compensation de CO₂ (ENIEM 2012) [13].

Conclusion :

Le CO₂ (dioxyde de carbone) figure parmi les principaux gaz à effet de serre responsables du réchauffement planétaire (effet de serre) et du changement climatique à l'échelle mondiale. Le Carbone Footprint (appelé aussi empreinte CO₂) donne un aperçu de tous les gaz à effet de serre ayant une incidence sur le climat, émis par certaines activités.

Dans le Carbone Footprint, les émissions de gaz à effet de serre, dues à ses activités industrielles, constituent la base permettant de prendre les mesures appropriées pour réduire les émissions.

Ainsi la zone industrielle Oued-Aissi ne doit pas constituer une exception par rapport à celle des pays développés. Le recours vers les énergies vertes, une idée très judicieuse que nos responsables doivent prendre au sérieux vu la dépendance des énergies fossiles et leur impact engendré sur l'environnement.

CHAPITRE IV

Réduction de CO₂

Etude de cas : Intégration des énergies renouvelables au niveau de la cantine d'ENIEM

Introduction

Pour répondre aux besoins énergétiques croissants dans les sociétés actuelles, tous les pays du monde construisent des centrales électriques pour pouvoir compenser la demande en énergie qui ne cesse d'augmenter, et pour cela, il faudrait la produire, la transporter et la distribuer vers chaque consommateur, ce qui représente un lourd investissement mais aussi un impacte environnemental

A cet effet, nous avons pensé à contourner le problème par une autre solution à savoir le système hybride.

L'étude de pré faisabilité est toujours confrontée par deux critères essentiels qui sont le gisement solaire, le gisement éolien et la demande de l'énergie. Couvrir les besoins de la charge. L'objectif de ce chapitre est de maintenir un niveau de fiabilité élevé avec un cout minimale grâce à un dimensionnement par le logiciel d'optimisation HOMER.

Ainsi, nous allons présenter le potentiel renouvelable pour la zone, nous allons fait appel au logiciel de modélisation énergétique HOMER (Hybrid Optimisation Model for Electric Renewables).

IV.1 Objectif du projet

- Réduire la consommation de combustible avec une d'immunisation du nombre de rotation des camions pour son approvisionnement.
- Introduction et promotion des énergies renouvelables (énergie photovoltaïque et éolienne).
- La réduction de l'impact de la production d'énergie électrique sur l'environnement.

IV.2 Analyse des potentiels renouvelables pour la zone industrielle

2.1 Potentiel photovoltaïque

L'application de l'énergie solaire à un site donnée, nécessite la connaissance complète et détaillée de l'ensoleillement du site. Ceci est généralement facile lorsque le site est pourvu d'une station de mesure radiométrique fonctionnant régulièrement depuis plusieurs années.

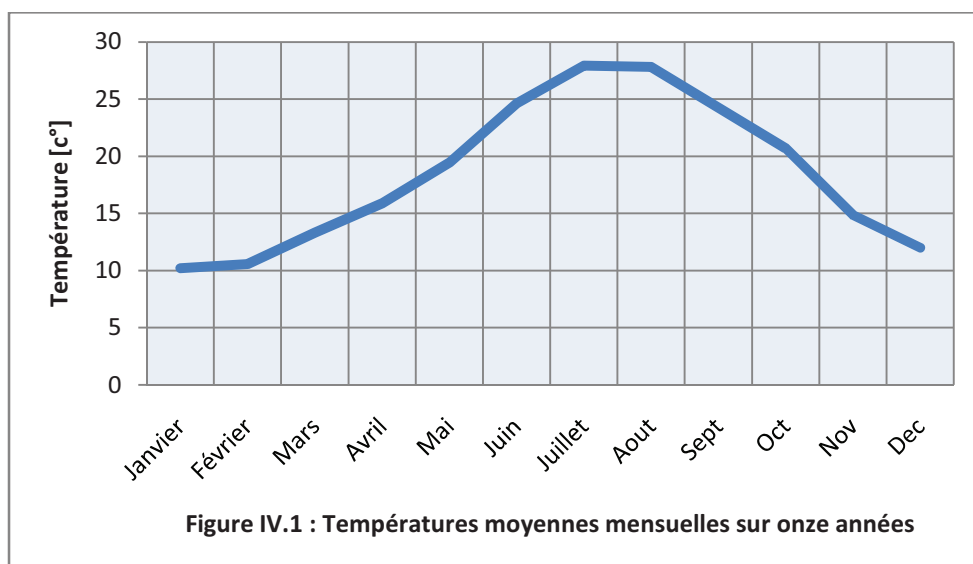
La connaissance du rayonnement solaire au niveau du sol est un élément important pour les systèmes de conversion de l'énergie solaire. Cette information peut être recueillie par différentes méthodes à savoir : mesure au sol par des pyranomètres ou des cellules de références, ou par des mesures satellitaires.

La meilleure manière de connaître la quantité d'énergie solaire dans un site donné, est d'installer des pyranomètres dans plusieurs endroits du site, de s'occuper de leurs entretiens et de leurs enregistrements quotidiens. Lorsque les mesures sont collectées, un contrôle de qualité rigoureux est obligatoire afin de crédibiliser la base de données enregistrée.

2.1.1 Température moyenne mensuelles relevée sur onze années

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
2002	9,7	11,4	13,7	15,4	20,1	25,6	26,8	26,3	29,9	20,9	15,2	12,9
2003	10,1	9,3	13,8	15,7	18,7	27,1	28,8	29,4	23,9	20,4	15,7	10,6
2004	10,6	12,2	13,6	14,7	16,5	23,8	26,6	27	22,5	25,2	13,3	11,5
2005	7,4	7,7	12,8	15,5	20,6	25,2	28,3	26,9	23,2	20,5	13,0	10,6
2006	9,2	10	14,2	18,3	21,9	24,8	28,8	26,7	23,9	22,3	17,3	12,1
2007	11,4	13	12,3	15,7	19,5	23,5	27,5	28,1	23,7	19,4	13,6	10,6
2008	11	12,6	13	16,3	18,8	23,5	27,9	27,8	24,4	19,8	13,5	13,1
2009	10,8	10,4	12,7	14	20,8	25,2	29,6	28,0	22,8	19,3	15,3	15,8
2010	11,4	12,8	13,7	16,4	17,6	22,6	27,7	27,2	23,6	19,2	14,3	11,2
2011	10,6	10,3	13,4	17,6	19,7	23,2	27,5	28,5	24,8	19,6	15,7	11,7
2012	9,9	6,5	13,3	15,3	19,9	26,4	27,8	30,3	24,4	20,8	16,3	11,9
Total	112,1	116,2	146,5	174,9	214,1	270,9	307,3	306,2	267,1	227,4	163,2	132
Moyenne	10,2	10,56	13,3	15,9	19,46	24,63	27,94	27,84	24,28	20,67	14,84	12

Tableau IV.1 : Représentation Températures moyennes mensuelles sur onze (2002/2012)



Des températures chaudes durant la saison estivale et moyenne pour la saison hivernale (climat méditerranéen).

2.1.2 L'irradiation solaire

La durée de radiation solaire sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures.

Année 2012	Irradiation moyen (KWh/m ² /j)
Janvier	2.187
Février	3.113
Mars	4.055
Avril	5.276
Mai	6.128
Juin	6.877
Juillet	6.869
Aout	6.491
Sept	5.013
Octobre	3.512
Novembre	2.388
Décembre	2.000

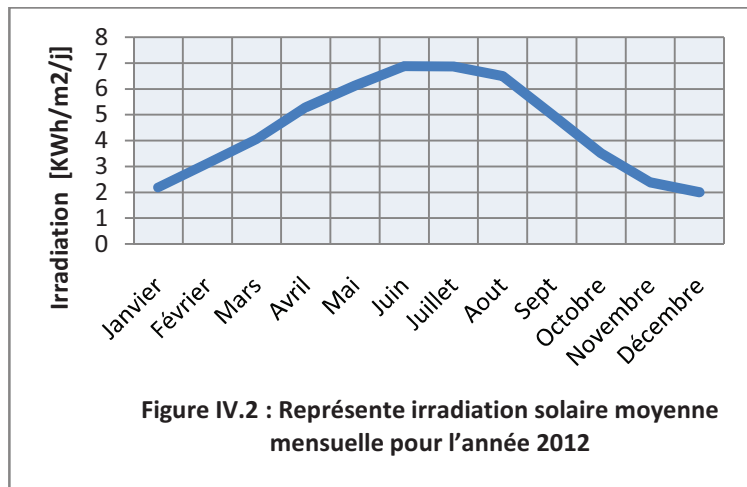


Tableau IV.2 : Représente irradiation solaire moyenne mensuelle pour l'année 2012

2.1.3 facteur de clarté

Année 2012	Facteur de Clarté
Janvier	0.460
Février	0.510
Mars	0.508
Avril	0.537
Mai	0.553
Juin	0.595
Juillet	0.608
Aout	0.632
Sept	0.583
Octobre	0.528
Novembre	0.473
Décembre	0.461

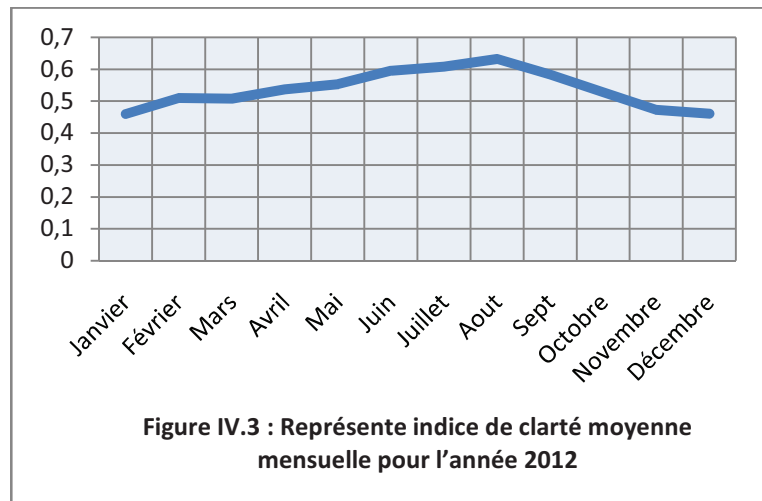


Tableau IV.3 : Représente indice de clarté moyenne mensuelle pour l'année 2012

L'index de clarté est une mesure de l'état de ciel, ou de la clarté de l'atmosphère, c'est un nombre adimensionnel dont la valeur varie entre 0.461 pour un mois très nuageux (par exemple le mois de décembre) et 0.632 pour un mois bien ensoleillé. C'est le rapport entre l'irradiation à la surface de la terre et l'irradiation extraterrestre, il est donné par la forme [14] :

$$K_T = \frac{K_{moy}}{K_{0moy}} \quad (01)$$

Avec :

K_T : Index de clarté moyen mensuel ;

K_{moy} : Irradiation moyenne mensuelle sur plan horizontal à la surface de la terre, en [kWh/m²/jour] ;

K_{0moy} : Irradiation moyenne mensuelle sur plan horizontal à la limite extérieure de l'atmosphère, en [kWh/m²/jour]

2.1.4 Durée d'insolation moyenne mensuelle relevée sur onze années

Année	Janvie r	Février r	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill t	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
2002	158	189	240	256	233	332	368	310	235	240	143	124
2003	135	123	174	209	248	305	268	272	243	182	151	117
2004	169	184	189	225	179	294	327	307	204	259	178	121
2005	160	122	160	189	204	274	301	279	247	232	161	160
2006	130	150	258	241	255	254	337	342	262	272	214	136
2007	195	168	197	154	261	296	353	312	233	182	191	141
2008	182	187	221	262	193	294	300	315	172	101	182	139
2009	108	170	239	197	104	98	111	101	72	241	183	106
2010	140	109	180	200	240	311	368	317	267	209	114	142
2011	142	156	211	243	244	291	356	341	281	233	134	145
2012	201	155	207	210	309	298	344	333	237	232	151	172
Total	1720	1713	2176	2386	2470	3047	3433	3229	2453	2383	1802	1503
Moyenne	156,3	155,7	197,8	216,9	224,5	277	321,1	293,5	223,0	216,6	163,8	136,6

Tableau. IV.4 : Représente le taux d'insolation moyenne (h) sur onze années (2002/2012)

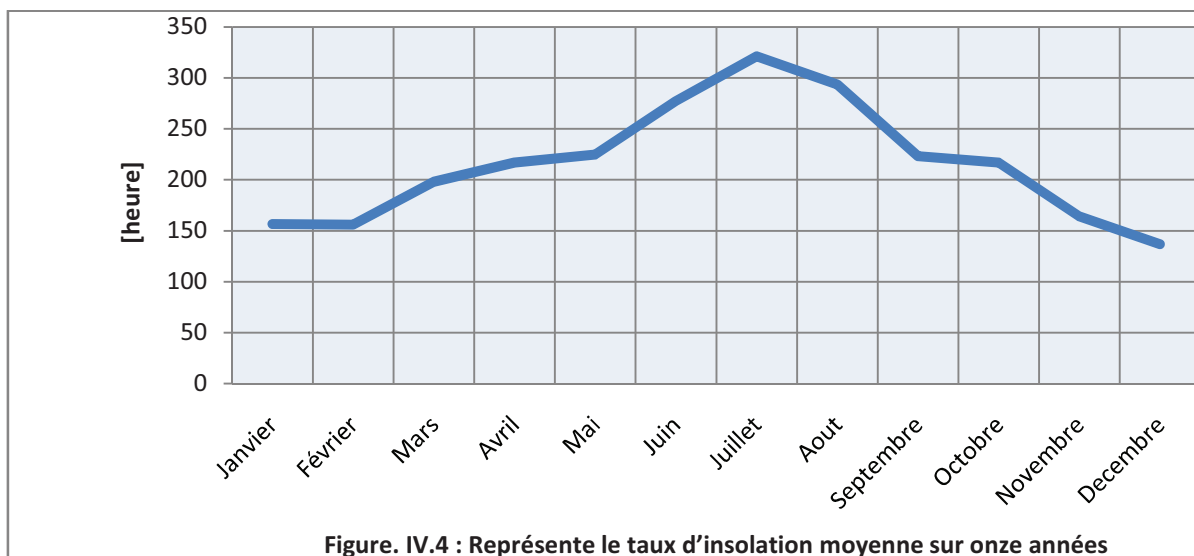


Figure. IV.4 : Représente le taux d'insolation moyenne sur onze années

Le taux d'insolation dépend directement des saisons, la longueur de la journée et des conditions climatiques, plus importantes en été (juin, juillet et août) varie de 300 (h) à 376 (h) faible et moyenne vers la saison d'hiver moins 140 h pour le mois de décembre.

2.2 Potentiel éolien

La ressource éolienne en Algérie varie beaucoup d'un endroit à un autre. Ceci est principalement dû à une topographie et un climat très diversifiés. En effet, notre vaste pays, se subdivise en deux grandes zones géographiques distinctes.

Au nord, globalement, la vitesse moyenne du vent est peu élevée. On note, cependant, l'existence de microclimats sur les sites côtiers d'Oran, Bejaia et Annaba, sur les hauts plateaux de Tiaret et Kheiter ainsi que dans la région délimitée par Bejaia au nord et Biskra au sud.

Le sud, quant à lui, se caractérise par un climat saharien et par des vitesses de vent plus élevées que le nord, plus particulièrement le sud-ouest, avec des vitesses, à 80 mètres du sol, qui peuvent atteindre jusqu'à 9 m/s dans le sud-ouest (région d'Adrar).

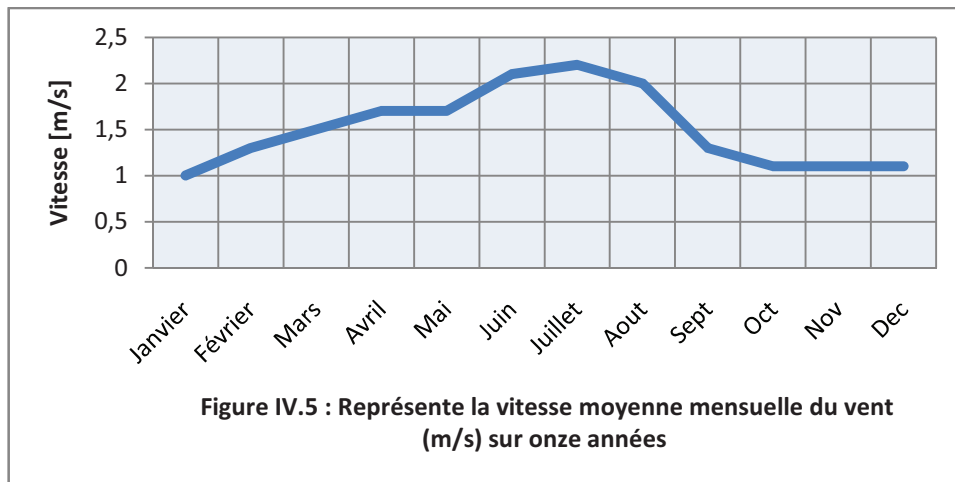
Pour évaluer le potentiel éolien sur la zone industrielle, des mesures de vitesse du vent ont été prises sur ce site durant onze années (2008 à 2012).

Les vitesses mensuelles moyennes du vent (m/s) calculées à base des données de mesures pour la zone industrielle (Oued-Aissi), sont illustrées sur le tableau et le diagramme suivant :

2.2.1 La vitesse du vent moyen mensuel relevé sur onze années

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	AOÛT	Sept	Oct	Nov	Dec
2002	1	0,5	0,5	1	0,9	0,9	0,8	1	0,7	1,2	2	2
2003	2,3	1,2	1,2	2	1,3	2,6	2,2	2,5	1,6	1,6	1,2	2
2004	0,9	2	1,6	2,1	2,2	2,4	2,7	2	1,2	1,6	0,9	1,7
2005	0,5	0,8	1,4	2,4	2,2	3,1	2,8	2,3	1,8	1,1	1	1
2006	0,7	1,2	2,6	2,4	2,3	3	2,7	2,8	2,3	1,9	1,8	0,8
2007	1	2,3	2,2	1,6	1,6	2,3	2,2	2	1,4	1,2	1	0,3
2008	0,6	0,6	2,3	1,5	1,4	1,1	2,3	2,3	1,5	1	1,2	0,8
2009	1,5	1,3	1,4	1,1	1,2	1,8	1,8	1,7	1,1	0,7	0,5	1,2
2010	2,1	1,5	1,1	0,8	1	1,3	1,8	1,3	1,4	1	0,9	0,9
2011	0,2	1,2	0,7	2,4	2,6	2,1	2	2,3	1,1	0,5	0,6	0,3
2012	0,3	1,7	1,7	1,9	2	2,6	2,7	2	0,7	0,6	1,1	0,9
Total	11,1	14,3	16,7	19,2	18,7	23,2	24	22,2	14,8	12,4	12,2	11,9
Moyenne	1	1,3	1,5	1,7	1,7	2,1	2,2	2	1,3	1,1	1,1	1,1

Tableau. IV.5 : Représente la vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s) sur onze années (2002/2012)



Les vitesses du vent pour la zone sont en variation continue avec le temps, on remarque que la vitesse moyenne annuelle pour la zone est de 1.5m/s. La vitesse la plus grande est enregistrée durant les mois de juin et juillet, elle est de l'ordre de 2.2m/s et la vitesse la plus faible est enregistrée durant les mois de novembre, décembre et janvier elle est de l'ordre de 1m/s à 1.1 m/s

Remarque

A partir des résultats de ce chapitre, on peut conclure que les potentiels renouvelables pour la zone industrielle ne sont pas excellents, mais ils sont largement exploitables pour la demande en énergie.

Favorable à des installations de type photovoltaïque vu un potentiel solaire important contrairement au éolienne ou la vitesse du vent faible.

IV.3 Logiciels choisis pour le système hybride [15].

La conception des SEH exige la sélection et le dimensionnement de la combinaison la plus appropriée des sources d'énergie ,des convertisseurs et du système de stockage, ainsi que l'implémentation d'une stratégie de fonctionnement efficace.

Les logiciels de dimensionnement sont des outils indispensables pour l'analyse et la comparaison des différentes combinaisons possibles des sources utilisées dans les SEH .Les principaux facteurs du dimentionnement sont :

- Les conditions environnementales du site (vitesse du vent ,éclairage énergétique, température ,humidité) ;
- Le profil de la charge ;
- Les préférences et les demandes du client ainsi que la disponibilité de la technologie ;

En pratique il existe plusieurs logiciels de dimensionnement et de simulation des SEH tels que : SOMES ,RAPSIM,SOLSIM,INSEL,HOMER.....tous ces logiciels ont pour but d'optimiser les systèmes énergétiques hybrides mais les stratégies d'optimisation sont différentes.

Parmi ces logiciels on trouve le logiciel HOMER qui présente l'avantage d'être largement utilisé par la communauté scientifique internationale à cause de sa fiabilité et sa gratuité.

IV.4 Présentation de HOMER

HOMER est un environnement de simulation horaire et d'optimisation des installations simples et hybrides, autonomes ou connectées au réseau, intégrant les ENR (pour notre cas les énergies solaire et éolienne). Pour simuler une installation donnée, il faut définir tous les éléments de cette dernière, en utilisant les composants définis dans la bibliothèque du logiciel (turbines éoliennes, hydrauliques, les batteries, électrolyseurs, combustibles, biomasse...) par la commande Add/Remove. Si un composant donné ne figure pas dans cette bibliothèque, il faut le rajouter en introduisant toutes ces caractéristiques techniques ainsi que son coût, il faut aussi spécifier le nombre de chaque composant dans l'installation à simuler. On peut aussi modifier les caractéristiques d'un composant déjà existant dans la bibliothèque. Les potentiels renouvelables (éolien, solaire, biomasse...) sont introduits soit manuellement, soit importés via internet ou d'un fichier texte. Les charges sont définies par leur nature (AC ou DC) et leur distribution horaire et peuvent être saisies en tant que profil de charge quotidien ou importées d'un fichier de données horaires. En tout état de cause, les valeurs horaires des charges doivent être définies pour chacune des 8760 heures d'une année.

HOMER utilise un modèle de séries chronologiques et effectue un bilan énergétique horaire le long d'une année pour chaque configuration de système rentrée par l'utilisateur. Il affiche ensuite la liste des configurations de systèmes triés selon leur faisabilité (technique et économique), par le coût actuel net (NPC : qui combine le coût en capital -annualisé par l'amortissement du composant au cours de sa durée de vie en utilisant les taux d'actualisation réelle - et celui de remplacement, fonctionnement et entretien). Pour chacune de ces solutions possibles, HOMER fournit tous les paramètres de fonctionnement des composants et de l'ensemble de l'installation (la fraction de l'énergie renouvelable, les émissions de gaz, le coût spécifique de l'énergie, l'énergie totale produite, consommée et l'excès de l'énergie...).

Il rejette de l'ensemble des résultats toutes les configurations système irréalisables, ce sont celles qui ne correspondent pas soit à la charge, aux ressources disponibles ou aux contraintes que nous avons spécifiées.

IV.5 Etude de cas au niveau du complexe ENIEM

Le complexe est alimenté en énergie électrique à partir de 18 postes de transformation 10 000 Vice/400V implantés au niveau des ateliers de fabrication.

5.1 Caractéristique des transformateurs

Emplacement	Nombre	Puissance (kVA)
Atelier peinture et presse	2	1600 et 1000
Bloc administratif	1	630
Atelier presse cuisinière	2	2 * 1000
Atelier plastique	2	3150 et 2500
Transformateur éclairage extérieur	1	400
Atelier montage final réfrigérateur	1	2000
Atelier pièces métallique	2	800 et 2000
Atelier émaillage cuisinières	2	2 * 800
Chauderie et atelier de fabrication	1	800
Atelier de fabrication de congélateur	2	2 * 800
Nouvelle chaufferie et compression	1	2500
Nouvelle cantine	1	400

Tableau IV.6 : Représente les caractéristiques des différents transformateurs

Pour notre étude le choix c'est porté sur la nouvelle cantine. Introduction d'un système hybride composé de PV, convertisseur, associant avec le système d'alimentation par le réseau classique nous permettra dévaluer la part des énergies renouvelable dans le nouveau mode d'alimentation en électricité.

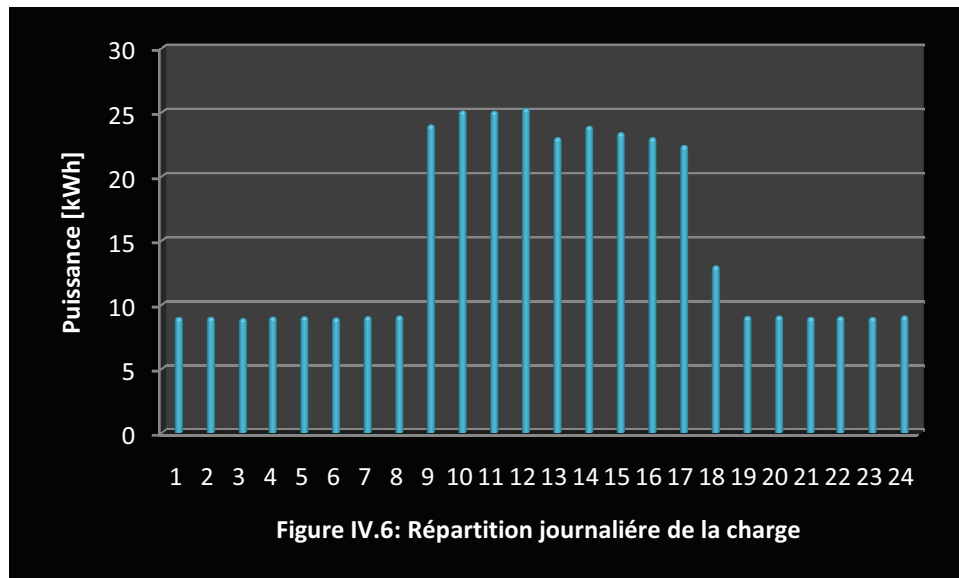
Car elle la plus favorable de faite qu'elle ne consomme pas trop de l'énergie, non productif donc ne constitue pas un danger en cas d'une panne au niveau des générateurs photovoltaïques. Et un cout de réalisation n'est pas trop élever.

5.2 La Charge Electrique

Une consommation journalière de 205 kWh/J. Cette consommation inclue tous les besoins en électricité y compris l'éclairage, le chauffage et le fonctionnement des appareils électriques (chambre froide, climatiseurs, ordinateurs...). La puissance moyenne journalière demandée est de kW, qui n'est pas constante durant toute la journée. La distribution journalière horaire de cette charge est donnée par le Tableau et le diagramme de la Figure ci-après

Heures	Charge [kW]	Heures	Charge [kW]
00 :00 – 01 :00	9.000	12 :00 – 13 :00	23.000
01 :00 – 02 :00	9.010	13 :00 – 14 :00	23.900
02 :00 – 03 :00	8.900	14 :00 – 15 :00	23.400
03 :00 – 04 :00	9.020	15 :00 – 16 :00	23.000
04 :00 – 05 :00	9.050	16 :00 – 17 :00	22.400
05 :00 – 06 :00	8.950	17 :00 – 18 :00	13.000
06 :00 – 07 :00	9.050	18 :00 – 19 :00	9.080
07 :00 – 08 :00	9.100	19 :00 – 20 :00	9.100
08 :00 – 09 :00	24.000	20 :00 – 21 :00	9.000
09 :00 – 10 :00	25.100	21 :00 – 22 :00	9.040
10 :00 – 11 :00	25.080	22 :00 – 23 :00	9.000
11 :00 – 12 :00	25.300	23 :00 – 00 :00	9.100

Tableau IV.7 : Distribution journalière de la charge électrique



IV.6 Description des éléments de l'installation

Le choix de la taille (puissance) et le type des éléments est une étape très importante dans le but de garantir l'énergie nécessaire au site, tout en assurant une autonomie énergétique, et selon les énergies renouvelables disponibles.

L'électricité provenant de ces sources est intermittente, dépendante des conditions climatiques.

Nous présentons dans ce paragraphe les éléments constituant le SEH qui fera l'objet de notre étude. Ce système est constitué, de panneaux photovoltaïques, convertisseur, réseau classique d'alimentation.

6.1 Les caractéristiques techniques des composants utilisés

6.1.1 Convertisseur

- **Onduleurs pour PV : Sunny Mini Central 6000 A [22]**

Les panneaux PV développent du courant continu, il faut donc installer des onduleurs dont le rôle est d'injecter l'énergie solaire transformée par conversion photovoltaïque dans le réseau basse tension de 220...240 V à une fréquence de 50 Hz. Les onduleurs utilisés sont de fabrication SMA technologie, de type *Sunny Mini Central 6000A* (SMC6000A). Comme le WB6000, trois SMC6000A seront installés de la même manière. Les caractéristiques techniques de cet onduleur sont données par le Tableau IV.18

Entrée (DC)	Puissance DC max.	6300 W
	Tension DC max.	600 V
	Plage de tension PV, MPPT	246 V – 480 V
	Courant d'entrée max.	26 A
Sortie (AC)	Puissance AC nominale	6000 W
	Courant de sortie max.	26 A
	Tension nominale AC / plage	220 V – 240 V / 180 V – 260 V
	Fréquence du réseau AC (auto réglable) / plage	50 Hz / 60 Hz / $\pm 4,5$ Hz
	Facteur de puissance (cos ϕ)	1
	Raccordement AC	monophasé
Rendement	Rendement max. / Euro ETA	96,1% / 95,2 %
Dispositifs de protection	Protection inversion des pôles DC	Équipement de série
	Interrupteur sectionneur DC ESS	Équipement de série
	Résistance aux courts-circuits AC	Équipement de série
	Surveillance de défaut à la terre	Équipement de série
Caractéristiques générales	Dimensions (l / h / p) en mm	468 / 613 / 242
	Poids	63 kg
	Plage de température de fonctionnement	-25 °C ... +60 °C
	Autoconsommation : service (veille) / nuit	< 7 W / 0,25 W
	Système de refroidissement	OptiCool
	Lieu de montage : en intérieur / en extérieur (IP65 électronique)	Équipement de série
Équipement	Raccordement AC : borne fileté	Équipement de série
	Écran LCD	Équipement de série
	Interfaces : RS485 / radio	En option
	Certificats et homologations	www.SMA-France.com

Tableau IV.8: Caractéristiques de l'onduleur SMC6000A [17].



Figure IV.7 : SMC6000A [17]

6.1.2 Panneau photovoltaïque

❖ Choix de l'inclinaison d'un module PV

On adoptera les inclinaisons suivantes en fonction de latitude de lieu :

- Pour des petites latitudes ($<20^\circ$) inclinaison = latitude (min=10)
- Pour les latitudes moyennes (20° a 30°) inclinaison = latitude +10
- Pour les latitudes moyennes ($>35^\circ$) inclinaison = latitude +15

N.B : L'angle minimum de 10° imposée en dessus permet l'auto nettoyage des modules.

❖ Choix des panneaux photovoltaïque [18].

Le choix des panneaux photovoltaïque est Selon la puissance totale demandée ainsi que le type de notre installation, nous avons opté pour l'installation de 5 générateurs PV de puissance de 5 kWp (puissance PV totale de 25 kWp), chacun sera relié à une phase des bus d'alimentation. Nous avons choisis les panneaux photovoltaïques Du type **KD180GX-LP** de **SUD CONCEPT** marque **KYOCERA**, dont les caractéristiques techniques sont résumés par le (tableau IV.8)

Surface d'un module est de 1.3276 m^2 , chacun de (05) générateur est constitué de 27 modules, avec une surface de 179.22 m^2 (la surface totale des panneaux PV est donc 896.13 m^2).



Figure IV.8 : le générateur photovoltaïque KD180 GX-LP

Le tableau (IV.9) décrit un modèle du champ solaire ses et paramètres. Les paramètres du modèle sont les caractéristiques du champ photovoltaïque : les modules utilisés, le nombre de modules en série ou en parallèle dans chaque branche et la tension imposée

Performances électrique sous les conditions standards de test STC	
Puissance maximale	180 W (+/-5%)
Tension maximale	23,6 V
Courant maximal	7,63 A
Tension circuit ouvert	29,5 V
Courant de court circuit (Isc)	8,35 A
Tension maximale du système	600 V
Coefficient de température de Voc	-1,06×10 ⁻¹ V/°C
Coefficient de température de Isc	5,01×10 ⁻³ A/°C
Performance électrique à 800 W/m ² , NOCT	
Puissance maximale	127 W
Tension maximale	20,8 V
Courant maximal	6,1A
Tension circuit ouvert	26,5 V
Courant de court circuit (Isc)	6,8 A
Caractéristiques du module	
Nombre de cellule par module	48 cellules
Dimensions (longueur×largeur×épaisseur)	1341×990×36 mm
Poids	16,5 Kg

Tableau. IV.9 : Caractéristique du générateur PV [18].

NOCT est le « Normal Operating Cell Température », un paramètre fourni par le constructeur des panneaux solaires.

IV.7 Optimisation du système

Le but des procédés d'optimisation du système est de déterminer la valeur optimale de chaque composant pour la meilleure solution de dimensionnement de notre système :

Les variables de dimensionnement qu'il faut introduire dans notre simulation sont :

- La puissance crête de la surface photovoltaïque.
- La puissance nominale des convertisseurs AC/CC e
- La puissance du réseau électrique

Dans le processus d'optimisation, HOMER simule plusieurs possibilités de dimensionnement et trie les meilleurs résultats pour chaque scénario, selon le point de vue technique, environnementale et économique.

7.1 Optimisation et simulation

La figure ci-dessous montre le système global qui sera étudié en utilisant le logiciel Homer, il comprendra, un panneau photovoltaïque, un convertisseur, un réseau classique d'alimentation.

En utilisant les données relatives au dimensionnement des différents composants du SEH, nous procédons à l'étape suivante, qui est la simulation, à l'aide de Homer nous allons voir toutes les combinaisons faisables du point de vue économique et technique.

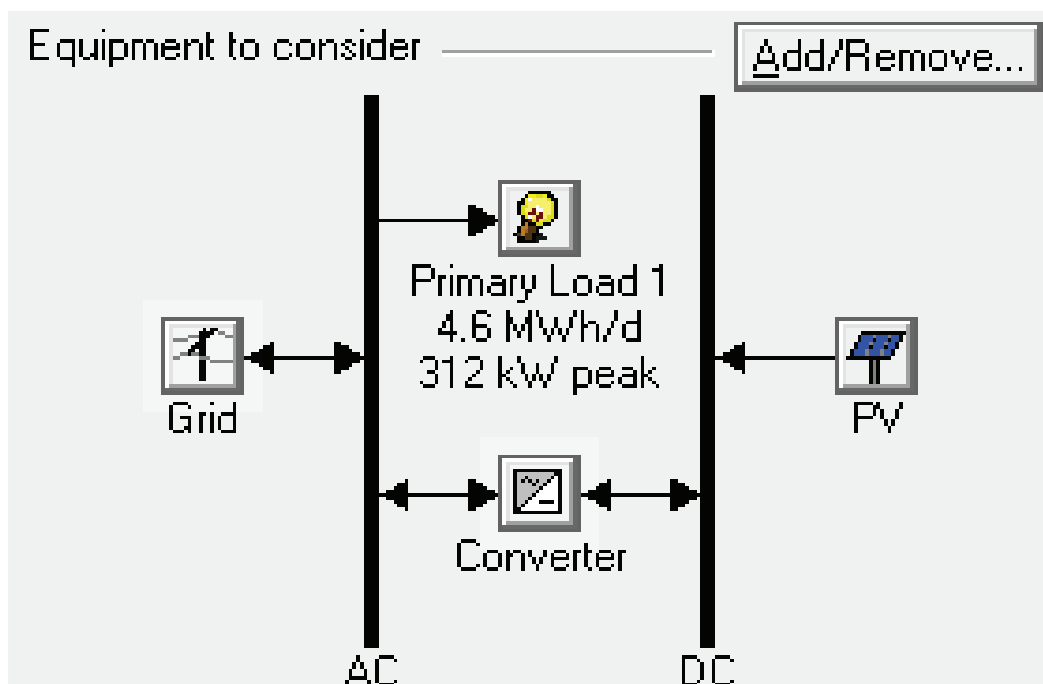


Figure IV.9 : Système énergétique hybride étudié

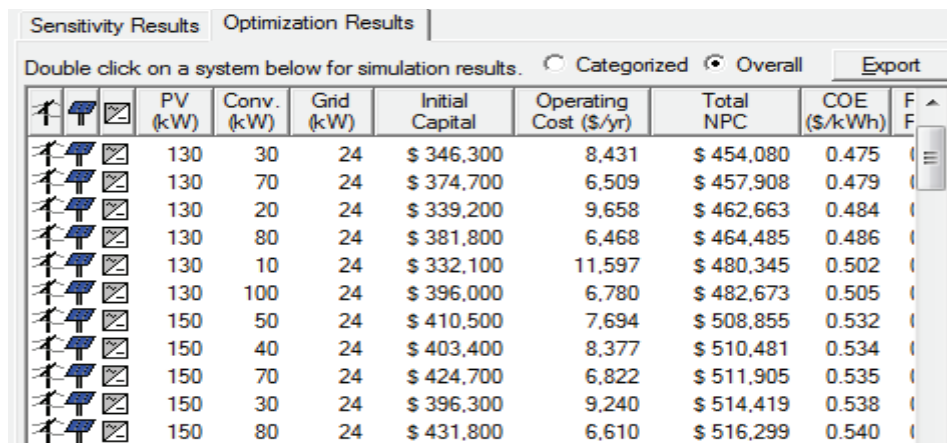
7.2 Résultats de la simulation des performances du système hybride

HOMER produit des résultats que nous pouvons afficher sous forme de liste de configurations possible triés par coût du cycle de vie (net présent cost NPC). Il affiche également des résultats de simulation dans des tableaux et des graphiques. Les résultats des simulations concernent les différentes parties du système de génération.

7.3 Configurations du SEH en fonction du coût net actuel

Les résultats de simulation par HOMER sont donnés sous forme de combinaisons (configurations) réalisables (techniquement et économiquement) des éléments définis dans l'installation, ses configurations sont classées par ordre croissant de la (NPC) Valeur Actuel Nette. Pour chacune de ces solutions possibles, HOMER fournit tous les paramètres de fonctionnement des composants et de l'ensemble de l'installation (la fraction de l'énergie renouvelable, les émissions de gaz, le coût spécifique de l'énergie, l'énergie totale produite, consommée et l'excès de l'énergie...).

L'espace de recherche est listé par HOMER suivant les tailles des composantes de tout le système avec les différentes contraintes et HOMER propose plusieurs configurations. Dans notre cas, HOMER a considéré les variantes suivantes (figure IV.10)



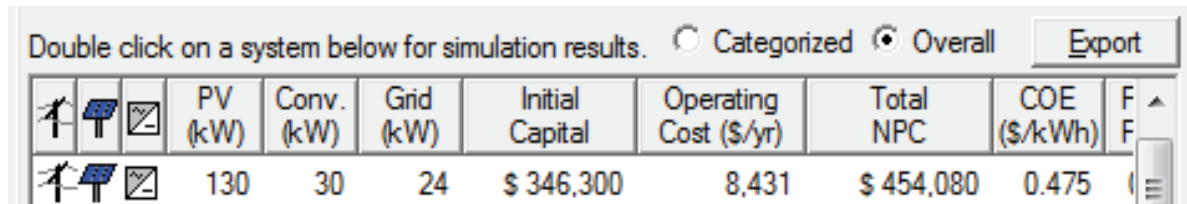
	PV (kW)	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	F
	130	30	24	\$ 346,300	8,431	\$ 454,080	0.475	(...)
	130	70	24	\$ 374,700	6,509	\$ 457,908	0.479	(...)
	130	20	24	\$ 339,200	9,658	\$ 462,663	0.484	(...)
	130	80	24	\$ 381,800	6,468	\$ 464,485	0.486	(...)
	130	10	24	\$ 332,100	11,597	\$ 480,345	0.502	(...)
	130	100	24	\$ 396,000	6,780	\$ 482,673	0.505	(...)
	150	50	24	\$ 410,500	7,694	\$ 508,855	0.532	(...)
	150	40	24	\$ 403,400	8,377	\$ 510,481	0.534	(...)
	150	70	24	\$ 424,700	6,822	\$ 511,905	0.535	(...)
	150	30	24	\$ 396,300	9,240	\$ 514,419	0.538	(...)
	150	80	24	\$ 431,800	6,610	\$ 516,299	0.540	(...)

Figure IV.10 : Variantes proposées par HOMER

Le tableau permet de visualiser toutes les configurations de système faisables, en effet HOMER affiche une liste des configurations système qu'il a constaté faisable pour ce projet. Ils sont énumérés dans l'ordre (de haut en bas) de la plus rentable à la moins rentable. Le rapport coût-efficacité d'une configuration système est basé sur son coût nette actuelle «NPC». La première Configuration est la plus rentable conception.

7.4 La solution optimale

Cette figure montre la solution la plus précise qui contient le moins cout d'investissement.



Double click on a system below for simulation results. ☐ Categorized ☒ Overall Export								
	PV (kW)	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	F
  	130	30	24	\$ 346,300	8,431	\$ 454,080	0.475	

Figure IV.11 : la solution optimale choisie par HOMER

Architecture du système optimal

PV : 130 kW

Convertisseur : 30 kW

Réseau classique : 24 kW

Les résultats de simulation sont fournis sous la forme d'une liste des configurations, classées par le coût net actuel (appelé le coût du cycle de vie). Ce coût permet de comparer les différentes options pour la conception du système. Les résultats fournissent aussi une évaluation du SEH du point de vue énergétique. On présente de nombreux détails techniques et économiques pour la conception la plus rentable

Production et la consommation d'énergie sur une année sont détaillées dans les tableaux

Composants	Puissance kWh/an	Fraction %
PV	181411	83
Réseau classique	37409	17
Total	218820	100

Tableau IV.10 : Energie annuelle produite

Les systèmes de production participent suivant les fractions décrites dans le tableau et qui montrent une participation importante des sources renouvelables qui atteignent 83%.

Charge	Consommation kWh/an	Fraction %
Charge AC	74825	57
Total	131224	100

Tableau. IV.11 Energie annuel consommé

Variable	Valeur
Fraction renouvelable	0,829
Excès d'énergie	77172 kW/an

Notons que 35% de la production totale d'électricité par le système est excédentaire, ou de l'énergie qui n'est pas utilisée. Et dans ce cas de figure il est judicieux de rajouter un système de stockage d'énergie, il ne permet d'exploiter excès d'énergie.

La puissance moyenne mensuelle produite par les sources du SEH est illustrée dans la

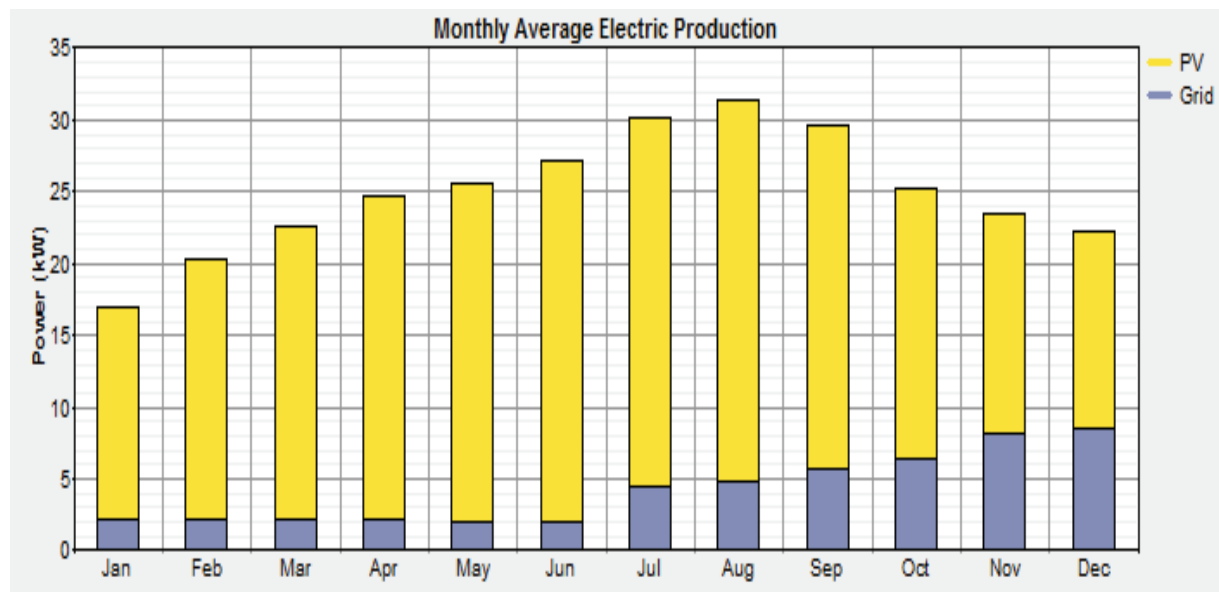


Figure IV.12 : Puissance moyenne mensuelle produite par chaque source

Les énergies mises en jeu dans le système durant une année de fonctionnement, présente un caractère continu de la disponibilité de l'énergie produite tout au long de l'année, il ne peut satisfaisant pour l'atténuation de la part allouée au stockage.

On remarque que presque trois quart (83%) des besoins énergétique du site sont fournis le PV. Le reste est assuré par la source d'énergie

7.4.1 Le Générateur Photovoltaïque

La puissance délivrée par le PV est la plus grande par rapport au réseau classique d'alimentation, les paramètres de fonctionnement de ce dernier sont:

Variable	Valeur	Unité
Heures de fonctionnement	4368	h/an
Facteur de capacité	15,9	%
Puissance minimale:	0	kW
Puissance moyenne	497	kWh/j
Coût spécifique de l'énergie	0,177	\$/kWh
Pénétration PV	4368	h/an
Puissance maximale	126	kW

Tableau IV.12 : Paramètre de fonctionnement du PV

Les puissances journalières moyennes ainsi que les puissances mensuelles moyennes, pour chaque mois de l'année, sont représentées respectivement par les courbes de la figure-4 et par la figure (-5) et le tableau (IV.12) ci-après.

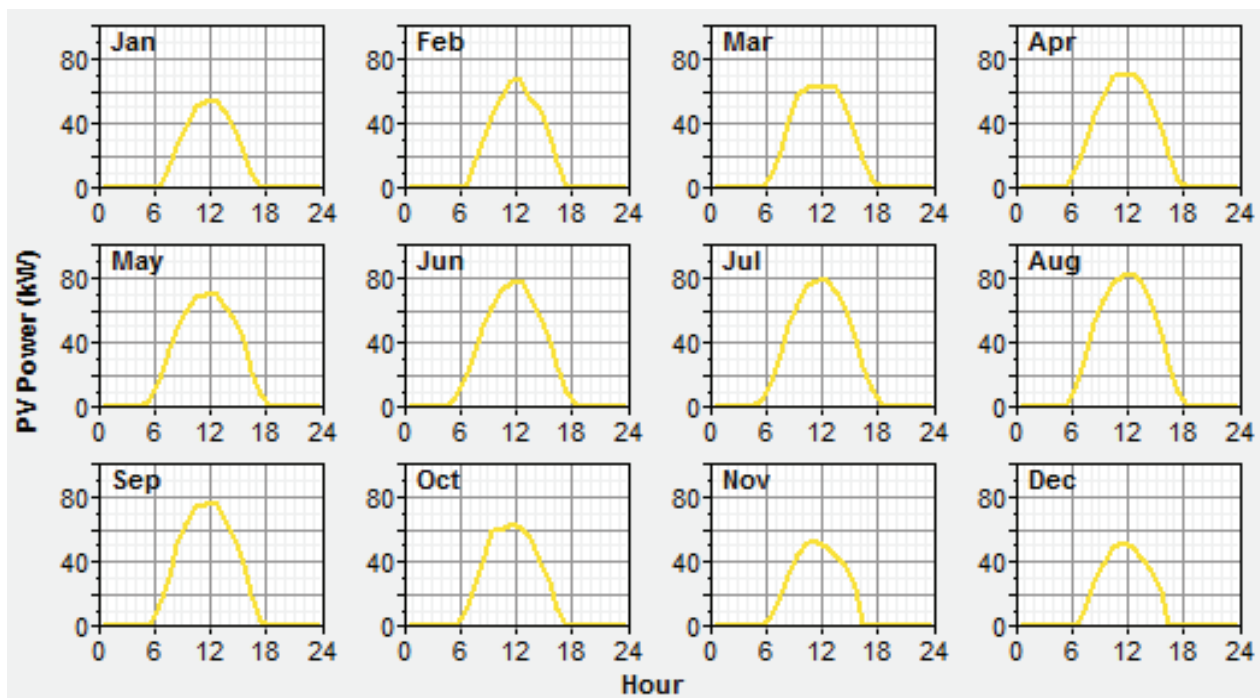


Figure V.13: Puissances journalières moyennes délivrées par le générateur photovoltaïque

Des résultats obtenus pour les des puissances moyennes journalières du Après l'analyse PV, on remarque que la période de fonctionnement du PV est plus étroite durant les mois d'hiver, c'est environ entre 8het 17h, soit 10 heures par jours (Novembre, Décembre et Janvier) et inversement pour la période d'été. La production par PV est maximum durant la période de pic de consommation électrique.

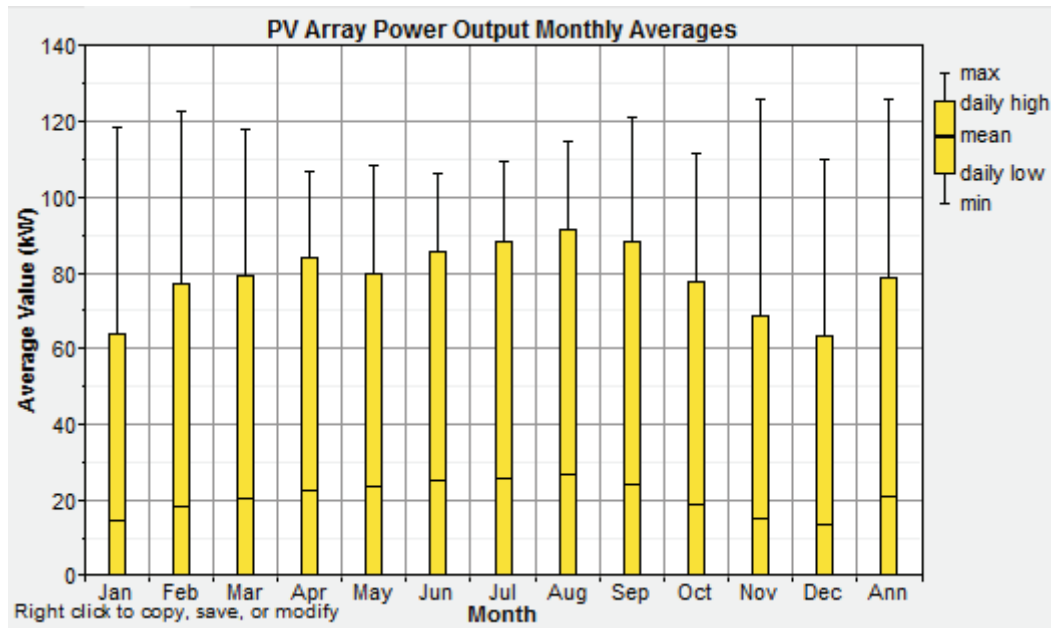


Figure IV.14 : Représentation des puissances moyennes mensuelles du PV

7.4.2 Le réseau classique d'alimentation

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Energie kWh	1668	1506	1668	1563	1535	1431	3358	3564	4139	4761	5911	6305

Tableau V.13 : Energie mensuel produit par le réseau

Remarque

Le tableau représentatif de la production d'énergie par le réseau illustré dans le tableau peut être décomposé en deux zones :

1^{er} zone du mois du janvier jusqu'au mois de juin : la production est variable a connue une hausse et une baisse.

2^{eme} zone du mois juin jusqu'au moi de décembre : la production est en constante hausse

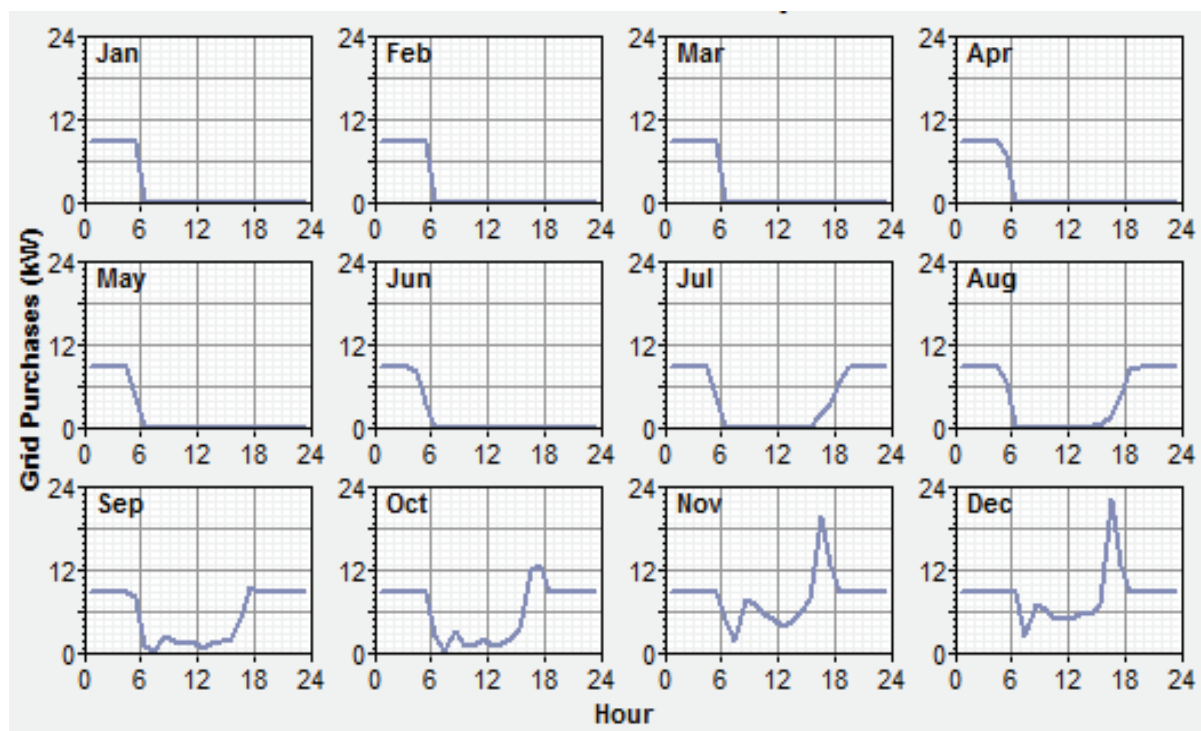


Figure IV.15 : Puissances journalières moyennes délivrées par le réseau classique d'alimentation

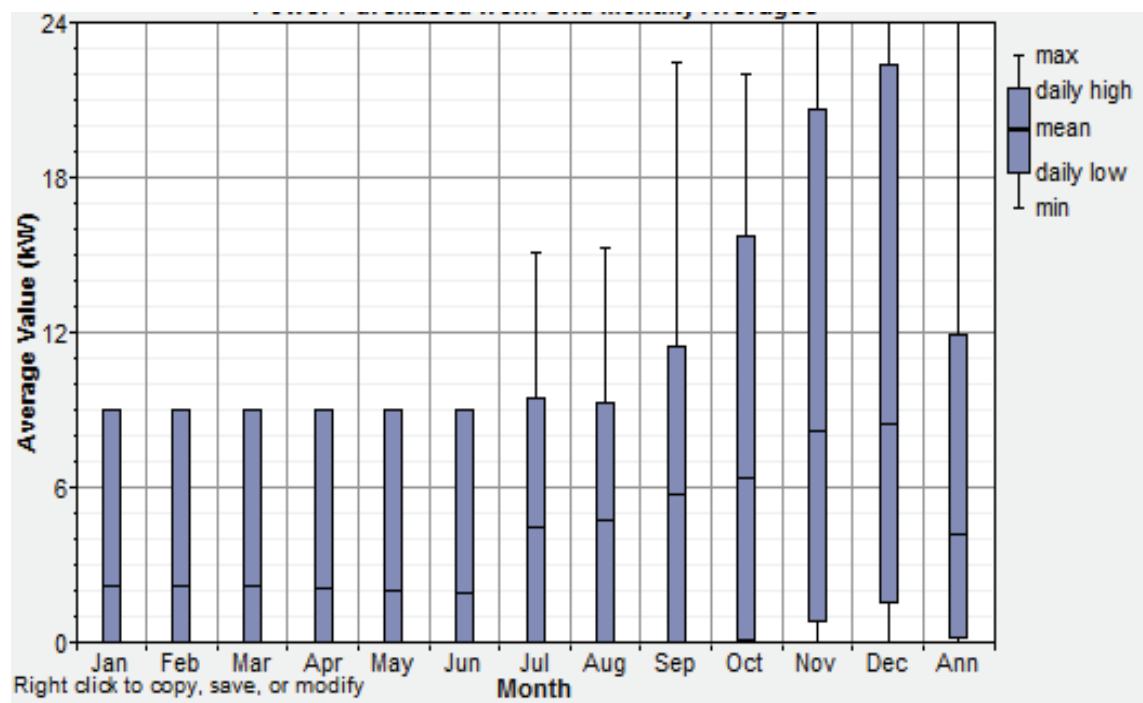


Figure IV.16 : Représentation des puissances moyennes mensuelles du réseau d'alimentation classique

7.4.3 Le Convertisseur (SMC6000A)

Le convertisseur considéré est bidirectionnel, il est constitué de deux parties:

- Partie onduleur (entrée CC, sortie CA),
- Partie redresseur (entrée CA, sortie CC).

Le fonctionnement de l'onduleur est lié à la demande sur l'énergie

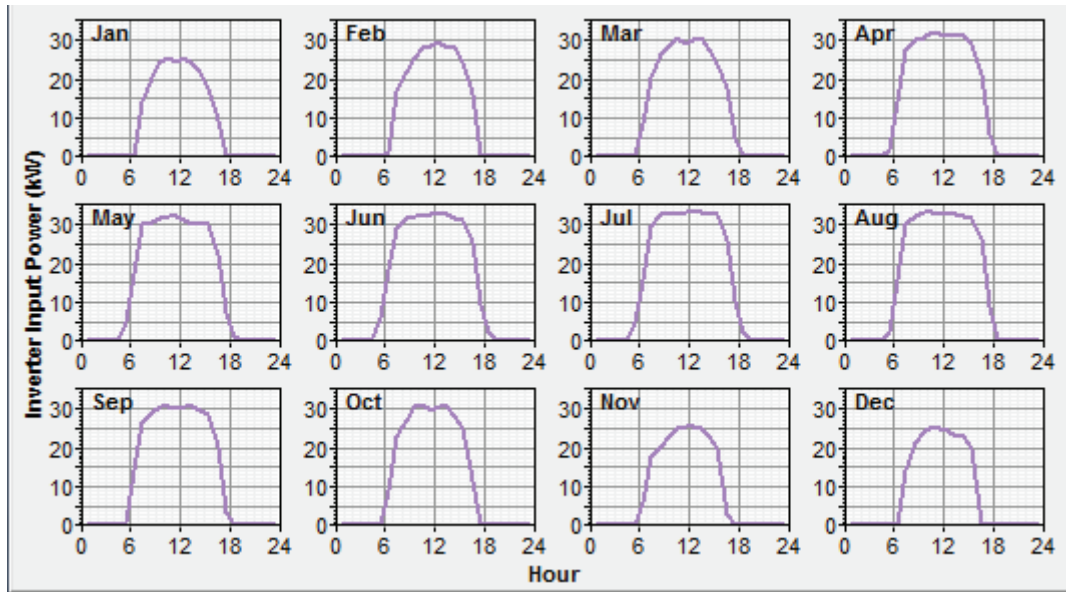


Figure. IV.17 : Puissances journalières moyennes délivrées par le convertisseur

Les performances moyennes journalières simulées pour le convertisseur montrent que ces courbes de distribution de la puissance sont semblables pour tous les mois. Elles sont caractérisées par un pic à la mi-journée vers 12h.

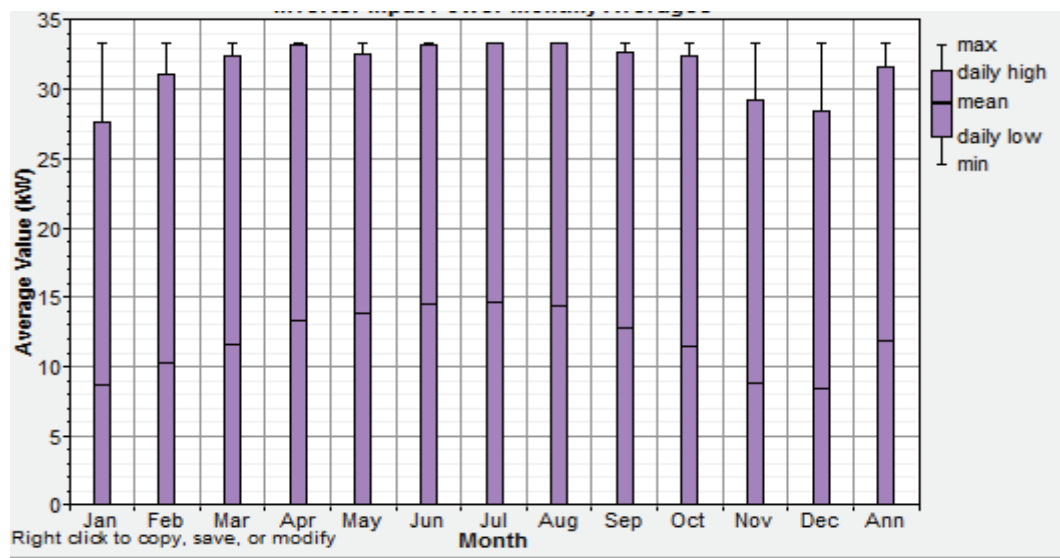


Figure IV.18 : Représentation des puissances moyennes mensuelles du convertisseur

7.5 Répartition des coûts de l'installation

Pour estimer le coût total du projet on utilise, pour chaque élément, les données suivantes:

- Le capital initial,
- Les coûts de fonctionnement et de maintenance,
- Le coût de remplacement,
- La durée de vie.

Composant	Capital (\$)	Remplacement (\$)	O et M (\$)	Carburant (\$)	Récupération (\$)	Cout total (\$)
PV	325000	101337	41548	0	-56793	411089
Réseau	0	0	11773	0	0	11773
Classique						
Convertisseur	21300	8888	2685	0	-1654	31218
le système	346300	110224	56003	0	-58448	454080

Tableau IV.14 : Cout de l'installation

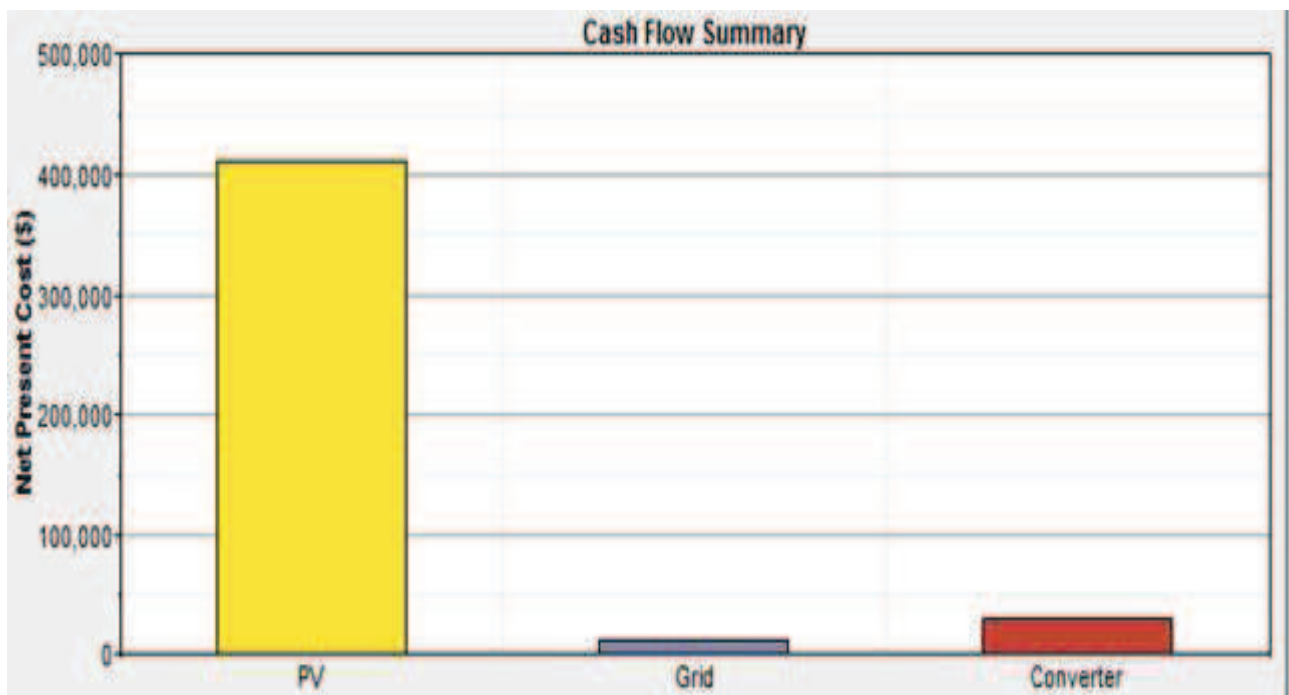


Figure V.19: Répartition des coûts de l'installation

7.6 Les Emissions des Gaz

On supposant pour le premier cas, l'électricité est produite à 100% classique (218820 kWh/an).

Et dans le deuxième cas, on l'introduit le PV toute en négligeant ces émissions produites lors des processus de réalisation.

Par l'utilisation du calculateur « **sunearthtools** » présenté dans le chapitre III, on aura :

Polluant	100% système classique	Intégration des ENR
CO ₂	139,88 tonnes	20,17 tonnes

Tableau IV.15 : Les émissions gaz co₂ produites

Conclusion

A partir des résultats de cette étude on peut conclure que l'utilisation des installations hybrides de production de l'énergie est largement justifiée sur tous les plans : possibilité technique, viabilité économique et surtout l'intérêt environnemental évident qu'offre cette alternative.

Sur le plant environnemental, la fraction de l'énergie produite par les ressources renouvelables est de 83 %, voir plus que la moitié de la production totale, ce qui diminue sensiblement la quantité de des émissions des gaz polluants. Cette réduction est de 85.7 % pour le CO₂

D'autre part, l'utilisation de ce type d'installation est fortement liée aux potentiels disponibles des énergies renouvelables, ce qui justifie (pour cette étude) la présence du réseau classique d'alimentation dans la configuration possibles, cela signifie que les ressources renouvelables seules, ne garantis pas la satisfaction de la demande à tous moment de l'année, en particulier pour les systèmes autonomes.

L'étude de sensibilité nous a permit de prévoir le fonctionnement du système hybride pour les faibles et/ou les fortes périodes des potentiels renouvelables.

CHAPITRE V

**Analyse des performances énergétique et
exergétique.**

Introduction

L'analyse énergétique des systèmes et le calcul de leurs rendements permettent de classer les procédés. Cependant, un critère complémentaire semble plus adapté, car il intègre à la fois la quantité et la qualité des énergies mises en jeu dans les systèmes :

- **Le critère exergétique** : L'exergie, issue d'une analyse selon le second principe de la thermodynamique, permet de quantifier l'utilisation rationnelle de l'énergie et donc l'impact environnemental des procédés.

L'exergie est un concept permettant de quantifier non seulement la quantité d'énergie considérée, mais également sa qualité en terme de potentiel thermodynamique (thermique, chimique, mécanique...). L'exergie d'une quantité d'énergie est la part de cette énergie effectivement transformable en énergie mécanique, en d'autres termes, c'est la partie mécanisable de la chaleur. Ainsi la part d'exergie de l'énergie mécanique, de même celle de l'électricité, est de 100%. Le travail est de 'l'exergie pure'. Par contre, une quantité de chaleur ou d'énergie chimique ne peut pas être intégralement transformée en énergie mécanique.

Le but de cette analyse est d'évaluer les rendements exergétiques de chaque générateur, cela nous permet de classer ces derniers selon les irréversibilités qu'ils présentent. On peut ainsi avoir une idée assez précise sur les taux de conversion solaire en énergie utile (électricité).

V.1 Généralité sur les calculs exergétiques [19], [20]

1.2 Flux de matière

Pour un flux de matière, l'exergie e_x par unité de masse, est calculée par :

$$E_x = (h - h_0) - T_0(S - S_0) \text{ en [kJ/kg]} \quad (02)$$

La variation d'Exergie Δe_x entre deux états 1 et 2 est:

$$\Delta e_x = e_{x2} - e_{x1} = (h_2 - h_1) - T_0(S_2 - S_1) \text{ en [kJ/kg]} \quad (03)$$

1.3 Bilan exergétique

Pour un système donné, le bilan exergétique est calculé par :

$$E_{x_{in}} = E_{x_{out}} + E_{x_{dét}} \text{ en [kW]} \quad (04)$$

$$E_{x_{dét}} = T_0 * S \text{ générée en [kW]} \quad (05)$$

$E_{x_{dét}}$ est l'entropie générée multipliée par la température de l'environnement.

1.4 Exergie d'une Quantité de Chaleur (thermique)

Le contenu exergétique d'une quantité de chaleur Q à la température T est déterminée par :

$$Ex = \theta * Q \quad (06)$$

$$\theta = \left| 1 - \frac{T_0}{T} \right| \quad (07)$$

Ainsi, l'exergie d'une quantité de chaleur à une température T est l'énergie mécanique que produirait un moteur de Carnot (moteur idéal) fonctionnant entre les températures T et la référence de l'environnement à T_0 . La qualité, en termes de potentiel d'une quantité de chaleur Q , dépend de la température T à laquelle elle est disponible et de son environnement. Dans le cas des températures inférieures à T_0 , plus la température est faible, plus l'exergie de cette quantité de chaleur est importante.

1.5 Rendement exergétique [21].

L'analyse exergétique, menée sur des cycles et procédés, est basée sur les définitions des rendements exergétique. Le rendement exergétique η_{ex} a été défini par Grassman (1950) comme le rapport de l'ensemble des exergies sortantes sur les exergies entrantes d'un système :

$$\eta_{ex} = \frac{Ex_{out}}{Ex_{in}} \quad (08)$$

V.2 Le générateur Photovoltaïque

L'énergie solaire est une énergie radiative. Plusieurs méthodes sont proposées pour le calcul de l'exergie radiative. Dans notre cas on utilise la formule suivante [21]. [22] :

$$Ex = \left[1 + \frac{1}{3} \times \left(\frac{T_0}{T} \right)^4 - \frac{4}{3} \times \frac{T_0}{T} \right] \times q \quad (03)$$

On suppose que le soleil est un corps noir à une température $T_s = 5770$ K. Le générateur PV reçoit un flux radiatif d'une source à $T = T_s = 5770$ K (soleil). Pour évaluer le flux exergétique incident, on prend comme état de référence le rayonnement d'un corps noir à la température ambiante (température de référence), or cette température est variable. Il a été prouvé que la meilleure approche est de prendre la température minimale comme température de référence ($T_0 = T_{min}$)

Dans les calculs, on utilise la température minimale annuelle calculée à partir des données météorologiques du site. De même pour la densité de flux radiati, elle est calculé en utilisant les données de l'irradiation solaire journalière mesurée sur site. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Moi	Q [kWh/m ² /j]	q [W/m ²]	T ₀ = T min[k]	Ex _{in} [W/m ²]
Janvier	2.187	91,12	273	85,65
Février	3.113	129,7	273	121,91
Mars	4.055	168,95	273	158,81
Avril	5.276	219,83	273	206,64
Mai	6.128	255,33	273	240,01
Juin	6.877	286,54	273	269,34
Juillet	6.869	286,2	273	269,02
Aout	6.491	270,45	273	254,22
Septembre	5.013	208,87	273	196,33
Octobre	3.512	146,33	273	137,55
Novembre	2.388	99,49	273	93,52
Décembre	2.000	83,33	273	78,33

Tableau V.1 : Densité de flux exergetique incident

Pour l'Exergie en aval du générateur PV, elle est égale à la puissance électrique moyenne mensuelle divisée par la surface du PV qui est de 896.13 m² (voir le chapitre IV, page 54).

Les puissances sont données au chapitre IV. L'Exergie à l'entrée et à la sortie du PV ainsi que le rendement exergetique, pour chaque mois de l'année, sont donnés par le Tableau V.2.

Moi	Ex _{in} [W/m ²]	Ex _{out} [kW]	Ex _{out} [W/m ²]	Ex _{dét} [W/m ²]	Rendement η_{ex} [%]
Janvier	85,65	15,2	16,96	68,69	19
Février	121,91	17,85	19,91	102	16
Mars	158,81	20,4	22,76	136,05	14,33
Avril	206,64	22,7	25,33	181,31	12,25
Mai	240,01	23,5	26,22	213,79	10,9
Juin	269,34	25	27,89	241,45	10,35
Juillet	269,02	25,24	28,16	240,86	10,49
Aout	254,22	27,15	30,29	223,93	11,91
Septembre	196,33	23,55	26,28	170,05	13,38
Octobre	137,55	18,5	20,64	116,91	15
Novembre	93,52	16,2	18,07	75,45	19,33
Décembre	78,33	15	16,73	61,6	21,36

Tableau V.2 : Bilan exergetique du générateur PV

Le rendement exergetique moyen sur toute l'année est de 14.52 %, il varie d'un mois à un autre. On remarque que ce rendement est inversement proportionnel avec l'irradiation solaire, il est faible pour les mois les plus ensoleillés (Mai, Juin, Juillet et Août) avec une destruction importante de l'exergie, et est important pour les mois d'hiver (Novembre, Décembre, Janvier, et Février) avec une faible destruction de l'exergie et inversement proportionnelle au rendement exergetique du PV comme montrent les diagrammes des figures (V.1) et (V.2)

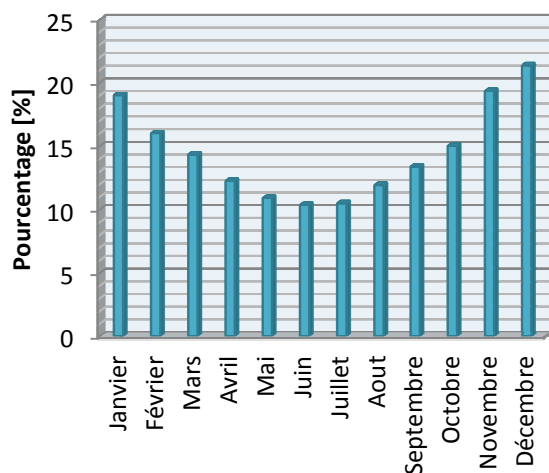


Figure V.1 : Rendement exergetique du PV

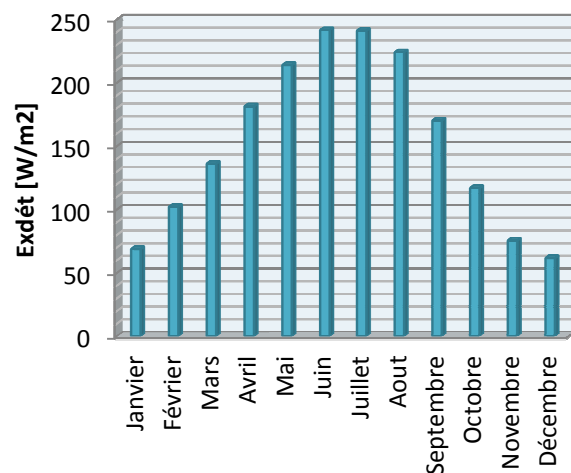


Figure. V.2 : Destruction de l'exergie solaire

Conclusion

Le générateur PV présente une grande perte. Le taux de conversion de l'énergie solaire en énergie utile (électricité) est faible et la qualité de cette énergie est moyenne.

Conclusion générale

Ce travail s'inscrit dans le cadre du développement durable, en particulier pour les zones industrielles.

Nous avons étudié dans ce document la possibilité de l'installation d'un système hybride pour une unité au niveau de la cantine du complexe ENIEM, cela après une évaluation globale de l'empreinte carbone sur toute la zone industrielle Oued-Aissi.

Cette étude est faite sur la base des données climatiques du site, selon lesquelles nous avons opté pour une configuration optimale constituée de réseau classique d'alimentation et des panneaux photovoltaïques

L'étude de comparaison entre le système hybride et le système classique nous a permis de mieux justifier l'intérêt des installations hybrides, avec une réduction de 85.7 % des émissions de CO₂ au niveau de la cantine. Le recours à une installation hybride présente donc un choix stratégique, qui justifie une incidence positive sur le plan environnemental. Ce choix devient très important si le critère environnemental passe en premier lieu, en vue de remédier au problème de la pollution atmosphérique et par suite au réchauffement climatique. De ce fait, les énergies renouvelables présentent une source inépuisable et prometteuse pour répondre à la fois aux besoins énergétiques des populations et aux contraintes environnementales qui ne cessent de s'accroître.

Il existe aussi un intérêt social important, car les complexes industriels sont des grands consommateurs d'énergie et des grands pollueurs d'où l'intérêt des installations hybrides.

Bibliographie :

N°	Désignation
[01]	Organisation météologique mondial (Rapport 2011)
[02]	National oceanic et atmospheric administration (NOAA) DAVID. C (2012)
[03]	Agence international d'énergie (AIE) (Rapport 2012)
[04]	Agence nationale d'intermédiation et de la régulation foncière (ANIREF). INES B (2013)
[05]	Michelin: Michel Rollier. 26 septembre 2011/ Publié dans actualités/ Evénement énergie solaire
[06]	Renault : 31 mai 2011/ Publié dans actualités/ Evénement énergie solaire
[07]	GM Saragosse : Publié par David Harder, clairvoyant énergie (juin 2010)
[08]	Calculateur d'empreinte carbone
[10]	J.B.Miller : increase in observed net carbone dioxyde uptake by land oceans during the past 50 years,2012
[11]	Livre de jean-Marc Jacoviet Hervé : L'effet de serre.A l'édition « champs,sciences »
[12]	Jean Yves CHARPON. Le changement climatique. 26 octobre 2010
[13]	Compensation CO2-ca/calcul-émissions-CO2 (site internet)
[14]	Jean-Louis Pasquier : statistique du développement durable
[15]	Aide de HOMER
[16]	SMA Sunny Island, Introduction into SI off-Grid systems, Sunny Island 5048.
[17]	SMA Solar Technology AG, SI5048-11:AE3406, Technical data, page 8/8.
[18]	KYOCERA, KD180GX-LP, FT 20Kyocera 20180 20W 20 en (1).pdf
[19]	Xin Yu Wu and Radu Zmeureanu, Exergy analysis of HVAC systems for a house in Montreal.
[20]	Cengel, Y. A. and Boles, M. A., Thermodynamics: an engineering approach, 4th edition, McGraw-Hill (2002).
[21]	Nolwenn Le Pierrès, Lingai Luo, Analyse exergetique de différents systèmes passifs et actifs de chauffage
[22]	Göran Wall, Exegetics, preliminary version, Mölndal (1998).