

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Saâd Dahlab, Blida-1



Faculté de Technologie

Département des Énergies Renouvelables

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Energies Renouvelables

Option : Conversion photovoltaïque

THEME

**L'intégration des énergies renouvelables
dans les sociétés Algériennes (Université de Blida1)**

Réalisé par : DAMECHE Siham

DAHMANE Nour Elhouda

Devant les jurys compose de :

Nom et Prénom :

Dr. BOUZAKI Mohammed Mostapha

Dr. DOUMAZ Toufik

Dr. BENHMED AbdElmoumene

Qualité :

Examineur

Président

Promoteur

Année universitaire 2023/2024

Remerciements :

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à Dieu, qui m'a guidé et soutenu tout au long de ce parcours académique. Sa grâce et Sa miséricorde ont été essentielles pour surmonter les défis et atteindre ce jour.

Je voudrais adresser mes sincères remerciements à [Dr.BENHMED Abdelmoumene] mon directeur de mémoire, pour son accompagnement précieux, ses conseils éclairés et son soutien constant. Sa confiance en moi et ses orientations ont été déterminantes dans la réalisation de ce travail de recherche.

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude à l'examineur [Dr. BOUZAKI Mohammed Mostapha] pour son temps, son attention et ses précieux conseils qui ont grandement contribué à l'amélioration de ce mémoire.

Un merci particulier à [Dr. DOUMAZ Toufik], président de ce travail, pour avoir accepté de présider cette soutenance et pour ses précieux commentaires qui ont contribué à améliorer ce travail.

Je suis également reconnaissant envers les membres du jury, pour leur évaluation minutieuse, leurs critiques constructives et leurs suggestions enrichissantes qui ont permis d'enrichir ce travail.

Dédicace :

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers ma famille, spécialement à mes parents, pour votre amour inconditionnel, vos encouragements constants et votre soutien indéfectible tout au long de ce parcours.

À mes sœurs et frères, je vous remercie du fond du cœur pour votre présence, vos précieux conseils et votre soutien inestimable. Votre soutien a été un pilier essentiel de ma réussite.

À mes amies proches, je vous suis infiniment reconnaissante pour votre amitié sincère, vos encouragements constants et vos moments de joie partagée. Votre soutien a été une source d'inspiration et de réconfort tout au long de ce parcours.

Votre présence et vos encouragements ont été des facteurs déterminants pour atteindre mes objectifs. Je vous suis profondément reconnaissant(e) pour votre soutien continu et votre impact positif dans ma vie.

Sommaire :

Introduction Générale

Chapitre I

| | |
|---|----|
| I.1.Introduction | 1 |
| I.2. Objectifs du programme national de recherche sur la sécurité énergétique..... | 1 |
| I.3. Programme nationale des énergie renouvelables | 2 |
| I.3.1. Potentiel solaire | 2 |
| I.3.2. Potentiel Eolien | 3 |
| I.3.3. Potentiel de l'énergie Géothermique | 4 |
| I.3.4. Potentiel Hydraulique | 5 |
| I.4.Programme de développement des énergies renouvelables | 5 |
| I.4.1. Consistance du programme de développement des énergies renouvelables..... | 6 |
| I.5. Mesures incitatives | 6 |
| I.6.Bilan des Réalisation | 8 |
| I.6.1. Projet et action de la phase 2011-2014 du Programme national des renouvelables (2011-2014) | 8 |
| I.6.1. Centrale Hybride Solaire-Gaz de 150 MW | 8 |
| I.6.2. Centrale pilote photovoltaïque d'oued Nchou 1.1 MWc | 9 |
| I.6.3. Projet de 343 MWc en centrales photovoltaïques page 11 | 10 |
| I.7. Etude..... | 10 |
| I.8. Nouvelle stratégie nationale pour le développement des énergies renouvelables pour la production de l'électricité raccordées au réseau | 11 |
| I.9. Programme national d'efficacité énergétique | 12 |
| I.10. Plan d'action en Matière D'efficacité énergétique | 12 |
| I.10.1. Pour le secteur du bâtiment page | 12 |
| I.10.2. Pour le secteur des transports | 13 |
| I.10.3. Pour le secteur de l'industrie | 13 |
| I.11. La consommation énergétique du secteur de l'industrie a atteint 10M de tep/pcs soit 5.6 M de tep/pci | 13 |
| I.12. Prix de l'électricité en algérien | 15 |
| I.13. Prix de Gaz en algérien | 15 |

Chapitre II : audit énergétique d'Université Saad Dahleb

| | |
|--|----|
| Introduction..... | 16 |
| II.1. Audit énergétique..... | 16 |
| II.1.1. Le Déroulement d'un Audit Energétique..... | 16 |
| II.1.2. Les Avantages d'un Audit Energétique..... | 16 |
| II.2. Les transformateurs | 17 |
| II.2.1. Les transformateurs électriques..... | 17 |
| II.3. Définitions des Notions électrotechniques..... | 17 |
| II.3.1. L'Énergie active consommée..... | 17 |
| II.3.2. L'énergie réactive..... | 17 |
| II.3.3. L'énergie apparente..... | 17 |
| II.3.4. Facteur de puissance..... | 18 |
| II.5. Facturation énergétique..... | 19 |

| | |
|---|----|
| II.5.1. Structure générale des tarifs..... | 19 |
| II.6. Les postes horaires et les périodes tarifaires..... | 20 |
| II.6.1. Différents postes horaires de la journée..... | 20 |
| II.7. Différents tarifs de la tension..... | 21 |
| II.7.1. Différents tarifs de la Moyenne tension..... | 21 |
| Conclusion | |

Chapitre III : audit énergétique d'Université Saad Dahleb

| | |
|--|----|
| Introduction..... | 22 |
| III. Historique..... | 22 |
| III.1. Facultés et Départements..... | 23 |
| III.1.1. Faculté de Sciences..... | 23 |
| III.1.2. Faculté de Technologie..... | 23 |
| III.1.3. Faculté des Science Médicales..... | 23 |
| III.1.4. Faculté des Sciences Economiques | 23 |
| III.1.5. Faculté des Lettres et des Langues..... | 23 |
| III.1.6. Faculté des Sciences Sociales et Humaine..... | 23 |
| III.1.7. Institut d'agronomie..... | 23 |
| III.1.8. Recherche et Innovation..... | 24 |
| III.1.9. Vie Etudiante..... | 24 |
| III.1.10. Engagement Communautaire et Partenariats..... | 24 |
| III.2. Transformateur 800 KVA 30 KV /0.4 KV..... | 24 |
| III.3. Différents prix unitaires..... | 25 |
| III.4. Factures Détaillées..... | 27 |
| III.4.1. Comparaison et Choix du Moins Cher | 27 |
| III.5. Gestion de la puissance dans les réseaux électriques..... | 28 |
| III.5.1. Différents prix unitaires (sans optimisation) | 29 |
| Conclusion..... | 30 |

Chapitre IV : L'INTEGRATION DES ENERGIES RENOUVELABLES

| | |
|---|----|
| Introduction | 31 |
| IV.1Présentation du cas d'étude | 31 |
| IV.1.1. Présentation de Pavion 23 | 31 |
| IV.1.2. Matériels | 31 |
| IV.1.3. Les équipements d'une installation photovoltaïque : | 31 |
| IV.2. Les étapes du dimensionnement :..... | 32 |
| IV.3. Procédures du calculs | 32 |
| IV.4. Les différents scenarios d'intégration des EnR (Pavillon 23)..... | 32 |
| IV.4.1. Scénario 1 : Avec Stockage (Pavillon 23) | 32 |
| IV.4.2. Scénario 2 : Avec stockage en utilisant l'outil d'optimisation de l'éclairage – DIALUX- | 35 |
| IV.4.3. Scénario 3 : Intégration de l'énergie solaire pour les locaux bien précis (investissement réduit)..... | 38 |
| IV.4.4. Scénario 4 : Intégration de l'énergie solaire pour les locaux bien précis en optimisant l'éclairage | 39 |
| IV.5. Commentaires sur la Comparaison des Scénarios | 41 |
| IV.6. Système connecte au réseau sans stockage | 42 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| IV.Conclusion de la Comparaison..... | 42 |
| Conclusion générale..... | 43 |

Liste des Tableaux :

| | |
|--|----|
| Tableau II.1 : Tableau des v.aleurs normalisés des PMD en kW | 19 |
| Tableau II.2 : Les valeurs normalisés et en fonction des niveaux de livraison..... | 20 |
| Tableau II.3 : Les plages temporelles de la haute tension en Algérie..... | 21 |
| Tableau II.4 : Les plages temporelles de la moyenne tension en Algérie..... | 21 |
| Tableau III.1 : Les caractéristique du Transformateur 800 kvA du pavillon 23..... | 24 |
| Tableau III.2 : Facture détaillée de l'université Blida1 avec le tarif 41 | 26 |
| Tableau III.3 : Facture détaillée de l'université Blida1 avec le tarif 42..... | 26 |
| Tableau III.4 : Facture détaillée de l'université Blida1 avec le tarif 43..... | 26 |
| Tableau III.5 : Facture détaillée de l'université Blida1 avec le tarif 44..... | 27 |
| Tableau III.6 : Valeurs normalisée des PMD en kW proposes par SONALGAZ..... | 28 |
| Tableau III.7 : Facture détaillée de l'université Blida1 avec le tarif 41(avec optimisation) ... | 29 |
| Tableau III.8 : Facture détaillée de l'université Blida1 avec le tarif 42(sans optimisation) | 29 |
| Tableau (IV.1) : besoin électrique journalier du pavillon 23 | 33 |
| Tableau (IV.2) : les calculés analytiquement | 34 |
| Tableau (IV. 3) : Devis quantitatif et estimatif | 35 |
| Tableau (IV.4) : besoin électrique journalier du pavillon 23 avec Dia lux..... | 36 |
| Tableau (IV.5) : les calculés analytiquement | 37 |
| Tableau (IV.6) : Devis quantitatif et estimatif..... | 37 |
| Tableau (IV.7) : Tableau de Comparaison 1et 2..... | 38 |
| Tableau (IV.8) : besoin électrique journalier (bureau de chef, secrétariat, salle 203) | 38 |
| Tableau (IV.9) : les calculés analytiquement | 38 |
| Tableau (IV.10) : Devis quantitatif et estimatif..... | 39 |
| Tableau (IV.11) : besoin électrique journalier (bureau de chef, secrétariat, salle 203) | 39 |
| Tableau(IV.12):les calculé analytiquement..... | 40 |
| Tableau (IV.13) : Devis quantitatif et estimatif..... | 40 |
| Tableau (IV.14) : Comparaison tarifaire entre les scenarios | 40 |
| Tableau (IV.15) : Les quatre scénarios différents pour l'installation d'un système photovoltaïque pour le pavillon 23..... | 41 |

Liste des figures :

| | |
|--|----|
| Figure (I.1) : Carte de l'irradiation Globale Directe Annuelle Moyenne (Période 2002-2011) | 3 |
| Figure (I.2) : Carte du Vent Annuel Moyen à 50 m (Période 2001-2010) | 4 |
| Figure (I.3) : Capacité prévue des énergies renouvelable 2020/2030 | 6 |
| Figure (I.4) : Evolution de la puissance installée des énergies renouvelable en Algérie de 2015 à 2030 | 6 |
| Figure (I.5) : Centrale Hybride Solaire-Gaz MW | 8 |
| Figure (I.6) : Centrale Pilote Photovoltaïque d'Oued N'Chou 1,1 MWc | 9 |
| Figure (I.7) : Carte des Sites Prévisionnels d'Energie solaire en Algérie | 10 |
| Figure (I.8) : Répartition de la Consommation du secteur de l'industrie par type d'énergie | 14 |
| Figure (I.9) : Répartition de la Consommation du secteur de l'industrie par branche | 14 |
| Figure (II.1) : Figure des périodes tarifaires | 22 |
| Figure (III.2) : facture de l'université Saad Dahleb | 25 |

Liste des abréviations :

P : Puissance active (kW) .

Q : Puissance réactive (KvAr).

S : Puissance apparente(kVA).

PMD : Puissance maximale disponible.

PMA : puissance maximale atteinte.

HT : hors taxes.

TVA : taxes sur valeur ajoutée.

TTC : toutes taxes comprises .

المخلص

يتناول هذا المذكرة جهود الجزائر لتحسين كفاءة الطاقة وتطوير مصادر الطاقة المتجددة، مع التركيز على التدقيق الطاقوي في الجامعات. تتركز الدراسة على المبنى 23 في إحدى الجامعات، حيث تقدم تحليلاً تفصيلياً لاستهلاك الطاقة فيه. تم اقتراح توصيات لتقليل التكاليف وزيادة كفاءة الطاقة. تشمل هذه التوصيات إدارة الطاقة، تحديث معدات التدفئة والتهوية وتكييف الهواء، وكذلك استخدام تقنيات الإضاءة الفعالة. أتاح التدقيق الطاقوي تحديد مواطن الضعف الرئيسية واقتراح حلول عملية لتحسين استخدام الطاقة. تم أيضاً اقتراح تدابير محددة مثل تركيب أنظمة إدارة الطاقة.

في الختام، يسلط هذا العمل الضوء على أهمية التدقيق الطاقوي لتحديد مواطن الضعف ويقترح حلولاً ملموسة لتحسين استخدام الطاقة في مؤسسات التعليم العالي، مما يساهم في مستقبل طاقي أكثر استدامة في الجزائر.

Résumé :

Ce mémoire porte sur les efforts de l'Algérie pour améliorer l'efficacité énergétique et développer les énergies renouvelables, avec un focus sur l'audit énergétique dans les universités. L'étude se concentre sur le Pavillon 23 d'une université, analysant en détail sa consommation énergétique. Des recommandations sont proposées pour réduire les coûts et augmenter l'efficacité énergétique. Ces recommandations incluent la gestion de l'énergie, la modernisation des équipements de chauffage, de ventilation et de climatisation, ainsi que l'utilisation de technologies d'éclairage efficaces. L'audit énergétique a permis d'identifier les inefficacités majeures et de proposer des solutions pratiques pour optimiser l'utilisation de l'énergie. En outre, des mesures spécifiques telles que l'installation de systèmes de gestion de l'énergie.

En conclusion, ce travail met en lumière l'importance des audits énergétiques pour identifier les inefficacités et propose des solutions concrètes pour optimiser l'utilisation de l'énergie dans les établissements d'enseignement supérieur, contribuant ainsi à un avenir énergétique plus durable en Algérie.

Abstract :

modernization, and the use of efficient lighting technologies. In conclusion, this work highlights the importance of energy audits in identifying This thesis focuses on Algeria's efforts to improve energy efficiency and develop renewable energy sources, with a focus on energy audits in universities. The study examines Pavilion 23, analyzing its energy consumption and proposing improvements to reduce costs and increase energy efficiency.

Recommendations include energy management, equipment inefficiencies and proposes solutions to optimize energy use in higher education institutions.

Introduction générale :

L'Algérie, face aux défis croissants de la transition énergétique et de la durabilité environnementale, a mis en place un programme national ambitieux visant à promouvoir l'intégration des énergies renouvelables et à améliorer l'efficacité énergétique. Ce programme, initié en 2011 et révisé en 2015, se fixe pour objectif d'augmenter significativement la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique national, avec une cible de 27 % de la production d'électricité d'ici 2030.

La mise en œuvre de ce programme repose sur plusieurs piliers, dont l'audit énergétique. L'audit énergétique est un outil essentiel permettant d'évaluer les consommations d'énergie, d'identifier les inefficacités et de proposer des solutions concrètes pour optimiser l'utilisation de l'énergie. Cette démarche vise à réaliser des économies substantielles et à réduire les coûts énergétiques, tout en diminuant l'empreinte carbone.

Dans ce contexte, le travail de facturation énergétique des Universités joue un rôle crucial. Une facturation précise et transparente est indispensable pour gérer efficacement les dépenses énergétiques des Établissements d'enseignement supérieur. Elle permet de suivre les consommations, de contrôler les coûts et de mettre en lumière les opportunités d'amélioration de l'efficacité énergétique. L'université, en tant qu'institution publique majeure, se doit adopter des pratiques exemplaires en matière de gestion énergétique.

Ce mémoire s'intéresse également au travail mené au Pavillon 23, un projet pilote exemplaire d'audit énergétique. Le Pavillon 23 a été choisi comme étude de cas pour démontrer l'impact positif des audits énergétiques sur l'amélioration de l'efficacité énergétique. À travers l'analyse des consommations énergétiques, l'évaluation des performances des équipements et l'identification des opportunités d'amélioration, ce projet illustre les bénéfices concrets des audits énergétiques.

Les résultats obtenus au Pavillon 23 ont permis de formuler des recommandations pratiques, telles que l'installation de systèmes de gestion de l'énergie, la modernisation des équipements de chauffage, de ventilation et de climatisation, et l'adoption de technologies d'éclairage plus performantes. La mise en œuvre de ces recommandations conduira des économies d'énergie significatives, réduisant à la fois les coûts opérationnels et l'empreinte environnementale.

Ce mémoire fournit ainsi une analyse détaillée des initiatives nationales en matière d'énergie renouvelable, de l'importance de l'audit énergétique, du rôle crucial de la facturation énergétique dans les universités, et des enseignements tirés du projet pilote du Pavillon 23. En partageant ces connaissances et expériences, nous espérons encourager la diffusion de pratiques exemplaires à travers le pays, contribuant ainsi à un avenir énergétique plus durable et efficace pour l'Algérie.

Chapitre I :
Programme nationale
des ENR 2011-2030

I.1. Introduction :

Le premier chapitre de ce document examine les initiatives nationales en matière d'efficacité énergétique, l'intégration des énergies renouvelables et les audits énergétiques. L'Algérie a mis en place un programme ambitieux pour développer les énergies renouvelables et améliorer l'efficacité énergétique, dans le but de répondre aux défis environnementaux et de préserver les ressources énergétiques fossiles.

Le programme de développement des énergies renouvelables vise à installer une capacité de 22 000 MW d'ici 2030, en mettant l'accent sur le solaire et l'éolien, tout en intégrant la biomasse, la cogénération et la géothermie. Des mesures incitatives, telles que des cadres réglementaires favorables et des soutiens financiers, ont été instaurées pour encourager les investissements dans ces domaines.

Par ailleurs, l'efficacité énergétique est au cœur de la stratégie nationale visant à réduire la consommation d'énergie tout en maintenant le même niveau de services. Cela inclut des actions spécifiques dans les secteurs du bâtiment, du transport et de l'industrie, telles que l'amélioration de l'isolation thermique, l'utilisation d'équipements performants et l'optimisation des processus industriels.

Les audits énergétiques jouent également un rôle crucial, permettant d'identifier les opportunités d'économie d'énergie et de mettre en œuvre des solutions efficaces. Ces audits sont essentiels pour évaluer la performance énergétique des installations et pour guider les investissements vers les projets les plus prometteurs.

En résumé, ce chapitre présente un aperçu des efforts de l'Algérie pour intégrer les énergies renouvelables et améliorer l'efficacité énergétique, soulignant les principales stratégies et actions mises en place pour atteindre ces objectifs ambitieux.

I.2. Objectifs du programme national de recherche sur la sécurité énergétique

Concernant le programme de recherche « Sécurité énergétique », il s'agit de développer et de promouvoir les énergies renouvelables dans le cadre de la sécurité énergétique du pays qui constitue l'un des principaux objectifs de la stratégie nationale du gouvernement qui vise à porter la part des énergies renouvelables à environ 27 % de la production nationale d'électricité à l'horizon 2030. Pour atteindre cet objectif, le gouvernement a adopté, en 2011, un ambitieux programme de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.

Ce programme, révisé en 2015, s'articule notamment autour :

1. a) d'un cadre législatif et réglementaire incitatif pour la production et la commercialisation des énergies renouvelables,
1. b) d'une intégration des capacités nationales qui sont déjà appréciables,
- c) De la mise en place d'une véritable activité économique orientée vers les énergies renouvelables.

Au mois de mars 2020, le programme de développement des énergies renouvelables d'une capacité de 16 000 MW à l'horizon 2035 a été adopté par le gouvernement, dont 15 000 MW raccordés au réseau électrique national et 1 000 MW en hors réseau (autoconsommation).

En matière d'hydrocarbures, la production, la conservation, la distribution, l'utilisation rationnelle et la diversification des sources d'énergie, l'exploration du sol, du sous-sol, des mers, de l'atmosphère et l'évaluation de leurs ressources constituent les principaux objectifs à poursuivre pour le développement des hydrocarbures conventionnels et non conventionnels. Cela s'inscrit dans la vision du Gouvernement algérien qui s'appuie sur une stratégie axée sur le développement des hydrocarbures conventionnels et non conventionnels. Cette stratégie vise à intensifier l'effort d'exploration en vue de découvrir de nouveaux gisements pétroliers et gaziers [1]. Elle vise également à :

- Augmenter la production pétrolière par la récupération assistée des hydrocarbures ;
- Valoriser les hydrocarbures par le biais de procédés de traitement (raffinage) et de transformation (pétrochimie) ;
- Analyser les impacts environnementaux associés au développement de l'industrie des hydrocarbures ;
- Traiter et valoriser les déchets ;
- Étudier les problèmes liés à l'exploitation et au transport des hydrocarbures ;
- Développer des matériaux innovants dans le forage.

I.3. Programme national des énergies renouvelables :

L'Algérie s'est engagée sur la voie des énergies renouvelables afin d'apporter des solutions globales et durables aux défis environnementaux et aux problématiques de préservation des ressources énergétiques d'origine fossile à travers le lancement d'un programme ambitieux pour le développement des énergies renouvelables qui a été adopté par le gouvernement en février 2011, révisé en mai 2015 et placé au rang de priorité nationale en février 2016 par Monsieur le Président de la République, M. Abdelaziz BOUTEFLIKA, lors du Conseil.

L'Algérie s'engage dans une nouvelle ère énergétique durable. Le programme des énergies renouvelables, dans sa version actualisée, consiste à installer une puissance d'origine renouvelable de l'ordre de 22 000 MW à l'horizon 2030 pour le marché national, avec le maintien de l'option de l'exportation comme objectif stratégique si les conditions du marché le permettent.

I.3.1. Potentiel solaire :

Vue de sa localisation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus élevés au monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara).

L'énergie reçue annuellement sur une surface horizontale de 1 m², soit près de 3 KWh/m² au nord, dépasse 5,6 KWh/m au Grand Sud.

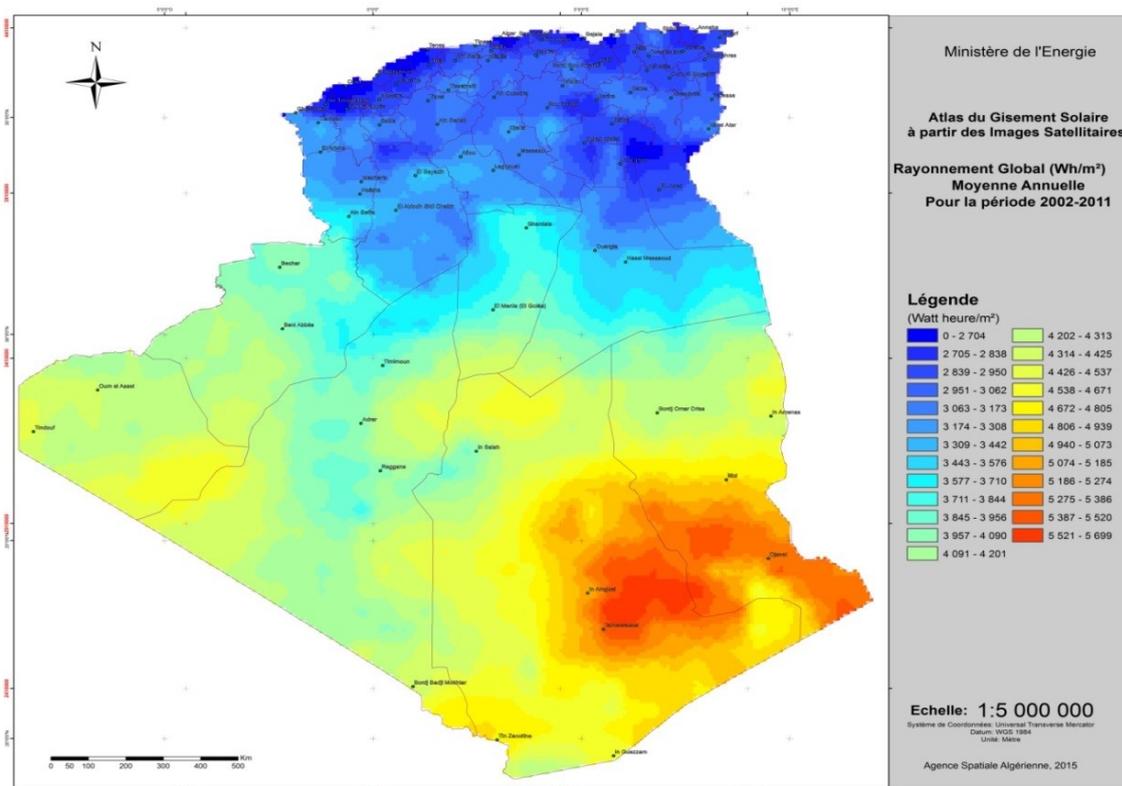


Figure (I.1) : Carte de l'Irradiation Globale Directe Annuelle Moyenne (Période 2002-2011) (source : MEM ,2016)

I.3.2. 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. Le Nord méditerranéen qui est caractérisé par un littoral de 1200 km et un relief montagneux, représenté par les deux chaînes de l'Atlas tellien et de l'Atlas saharien.

Entre elles, s'intercalent des plaines et les hauts plateaux de climat continental. Le Sud, quant à lui, se caractérise par un climat saharien.

La carte représentée ci-dessous montre que le Sud est caractérisé par des vitesses plus élevées que le Nord, plus particulièrement dans le Sud-Est, avec des vitesses supérieures à 7 m/s et qui dépassent la valeur de 8 m/s dans la région de Tamanrasset (In Amguel).

Concernant le Nord, on remarque globalement que la vitesse moyenne est peu élevée. On note cependant l'existence de microclimats sur les sites côtiers d'Oran, Béjaïa et Annaba, sur les hauts plateaux de Tébessa, Biskra, M'sila et El bagad (6 à 7 m/s) et dans le Grand Sud (>8 m/s).

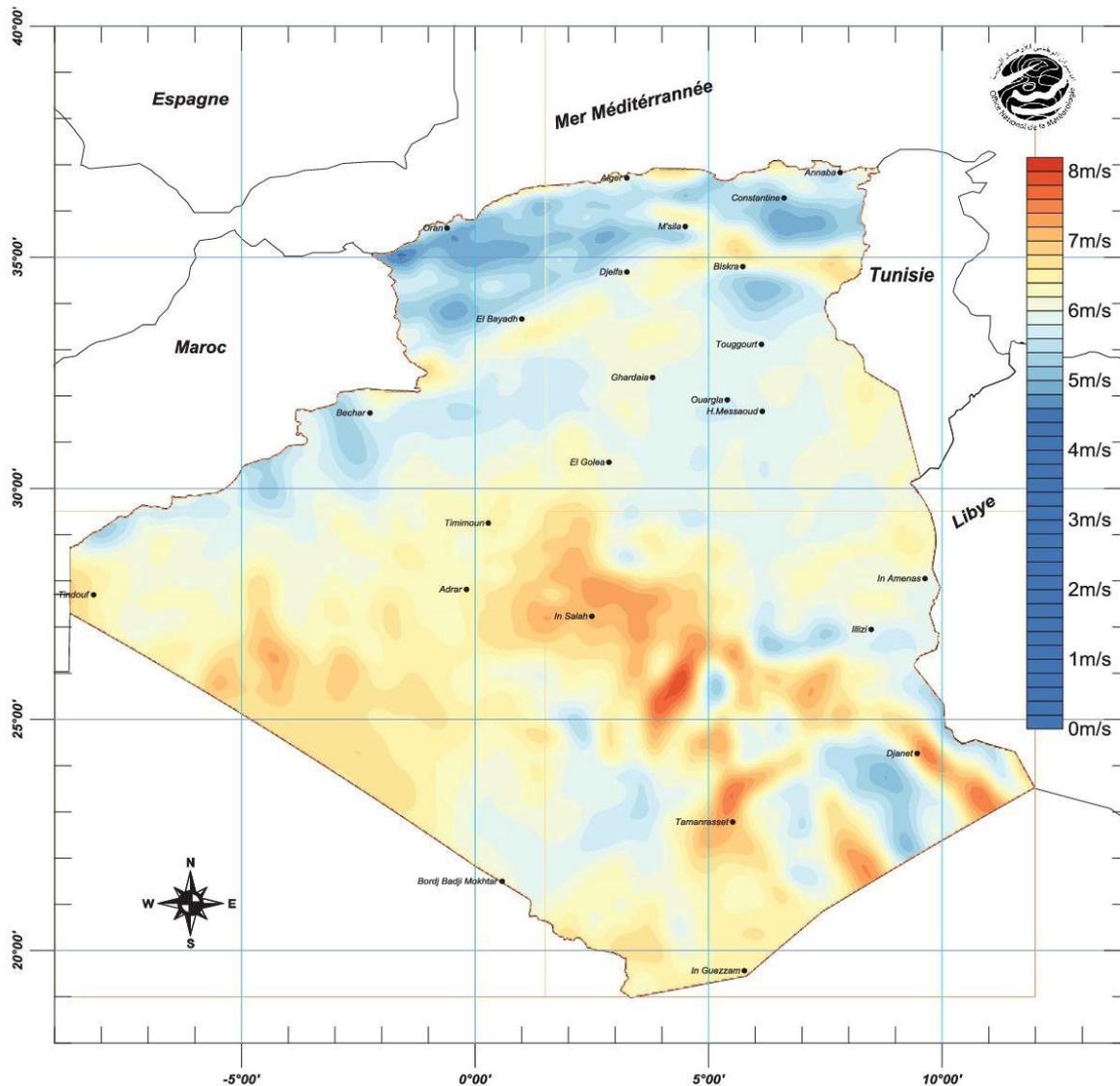


Figure (I.2) : Carte du Vent Annuel Moyen à 50m (Période 2001-2010)

• **I.3.3. Potentiel de l'Énergie géothermique**

- La compilation des données géologiques, géochimiques et géophysiques a permis d'identifier plus de deux cent (200) sources chaudes qui ont été inventoriées dans la partie Nord du pays. Un tiers environ (33 %) d'entre elles ont des températures supérieures à 45° C. Il existe des sources à hautes températures pouvant atteindre 118 °C à Biskra.
- Des études sur le gradient thermique ont permis d'identifier trois zones dont le gradient dépasse les 5 °C/100 m.
- Zone de Relizanais et Mascara
- Zone de Aine Boucif et Sidi Aïssa
- Zone de Guelma et Djebel El Onk

I.3.4. Potentiel hydraulique :

Les quantités globales tombant sur le territoire algérien sont importantes et estimées à 65 milliards de m³, mais finalement profitent peu au pays : nombre réduit de jours de précipitation, concentration sur des espaces limités, forte évaporation, évacuation rapide vers la mer.

Schématiquement, les ressources de surface décroissent du Nord au Sud. On évalue actuellement les ressources utiles et renouvelables de l'ordre de 25 milliards de m³, dont environ 2/3 pour les ressources en surface.

103 sites de barrages ont été recensés. Plus de 50 barrages sont actuellement en exploitation.

I.4.1. Programme de développement des énergies renouvelables :

À travers ce programme d'énergies renouvelables, l'Algérie compte se positionner comme un acteur majeur dans la production de l'électricité à partir des filières photovoltaïque et éolienne en intégrant la biomasse, la cogénération, la géothermie et, au-delà de 2021, le solaire thermique. Ces filières énergétiques seront les moteurs d'un développement économique durable à même d'impulser un nouveau modèle de croissance économique.

37 % de la capacité installée d'ici 2030 et 27 % de la production d'électricité destinée à la consommation nationale seront d'origine renouvelable.

Le potentiel national en énergies renouvelables étant fortement dominé par le solaire, l'Algérie considère cette énergie comme une opportunité et un levier de développement économique et social, notamment à travers l'implantation d'industries créatrices de richesse et d'emplois.

Cela n'exclut pas pour autant le lancement de nombreux projets de réalisation de fermes éoliennes et la mise en œuvre de projets expérimentaux en biomasse, en géothermie et en cogénération.

Les projets ENR de production de l'électricité dédiés au marché national seront menés en deux étapes :

Première phase 2015-2020 : cette phase verra la réalisation d'une puissance de 4010 MW, entre photovoltaïque et éolien, ainsi que 515 MW, entre biomasse, cogénération et géothermie.

Deuxième phase 2021-2030 : le développement de l'interconnexion électrique entre le Nord et le Sahara (Adrar) permettra l'installation de grandes centrales d'énergies renouvelables dans les régions d'In Salah, Adrar, Timimoune et Bechar et leur intégration dans le système énergétique national. À cette échéance, le solaire thermique pourrait être économiquement viable.

La stratégie de l'Algérie en la matière vise à développer une véritable industrie des énergies renouvelables associée à un programme de formation et de capitalisation des connaissances, qui permettra à terme d'employer le génie local algérien, notamment en matière d'engineering et de management de projets. Le programme ENR, pour les besoins d'électricité du marché national, permettra la création de plusieurs milliers d'emplois directs et indirects.

- **Consistance du programme de développement des énergies renouvelables**

La consistance du programme en énergie renouvelables à réaliser pour le marché national sur la période 2015-2030 est de 22 000 MW, répartie par filière comme suit :

| Unité : MW | à€r 1ère phase 2015-2020 | 2ème phase 2021-2030 | TOTAL |
|----------------|-----------------------------|-------------------------|---------------|
| Photovoltaïque | 3 000 | 10 575 | 13 575 |
| Eolien | 1 010 | 4 000 | 5 010 |
| CSP | - | 2000 | 2 000 |
| Cogénération | 150 | 250 | 400 |
| Biomasse | 360 | 640 | 1 000 |
| Géothermie | 05 | 10 | 15 |
| TOTAL | 4 525 | 17 475 | 22 000 |

Figure(1.3) : capacité prévue des énergies renouvelable 2020/2030

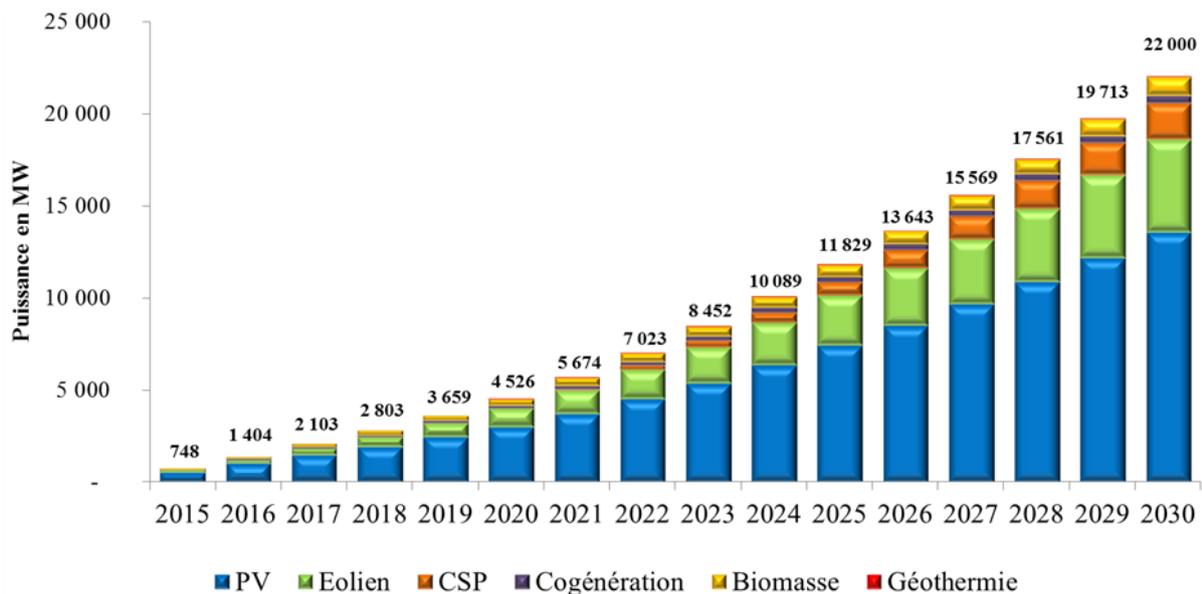


Figure (I.4) : Evolution de la puissance installée des énergies renouvelable en Algérie de 2015 à 2030

- **I.5.Mesures incitatives :**

- Sur le plan règlementaire, le ministère de l'énergie a procédé à l'adoption d'une série de mesures de soutien visant le développement des énergies renouvelables raccordées aux réseaux, à travers la mise en place d'un cadre juridique favorable et d'un Fonds national pour la maîtrise de l'énergie, pour les énergies renouvelables et la cogénération, CAS n°302-131 (FNMEERC) qui est alimenté annuellement de 1 % de la redevance pétrolière et du produit de certains.
- Le cadre juridique, mis en place en 2013, pendant la 1^{ère} phase du lancement du programme national de développement des énergies renouvelables, était basé, notamment, sur le mécanisme.

- des tarifs d'achat garantis (Feed-in Tarif), qui sont de moins en moins pratiqués dans les pays développés.

Ce système garantit aux producteurs d'énergie renouvelable de bénéficier de tarifs leur octroyant une rentabilité raisonnable de leur investissement sur une durée d'éligibilité de 20 ans.

Les surcoûts engendrés par ces tarifs seront supportés par le FNMEERC au titre des coûts de diversification.

Dans ce cadre, le décret exécutif n°15-319, modifié et complété, fixant les modalités de fonctionnement du CAS 302-131 a été publié en décembre 2015.

Aussi, d'autres mesures incitatives sont prévues. Il s'agit de :

- Acquisition et mise à disposition des terrains éligibles à l'implantation de centrales EnR ;
- Accompagnement dans tout le processus d'acquisition des autorisations nécessaires ;
- Identification du potentiel de toutes les régions concernées par les ENR ;
- La construction de projets pilotes dans chaque filière.
- Création d'organismes et de laboratoires d'homologation et de contrôle de la qualité et de la performance des composants, des équipements et procédés relatifs à la production d'électricité d'origine renouvelable et/ou aux systèmes de cogénération ;
- Accompagnement par un plan de recrutement et de formation de techniciens, par les instituts de formation professionnelle et l'association des universités et organismes de recherche nationaux dans la recherche et la formation des ingénieurs.

I.6. BILAN des réalisations :

- **Projets et actions de la phase 2011-2014 du Programme national des énergies renouvelables (2011-2014)**

La phase d'expérimentation du programme (2011-2014) a connu la réalisation de plusieurs projets et actions :

I.6.1. Centrale Hybride Solaire-Gaz de 150 MW :



Figure (I.5) : Centrale Hybride Solaire-Gaz de 150 MW

- **Localité :** Hassi Ramel (Laghouat)
- **Capacité :** 150 MW
- **Technologie :**
 - Système ISCC (Integrated Solar Combine Cycle), 120MW cycle combiné, 30 MW Solaire Thermique (CSP parabolique) ;
 - System HTF (Heat Transfer Fluid) 393°C;
 - Système de poursuite du soleil (Traceur) ;
- **Mise en service :** juillet 2011

- **Localité :** Kabertène (ADRAR)
- **Capacité :** 10,2 MW
- **Technologie :** Games a 850 KW (12 x 850 KW)
- **Mise en service :** juin 201

I.6.2. Centrale Pilote Photovoltaïque d'Oued N'Chou 1,1 MWc :



Figure (I.6) : Centrale Pilote Photovoltaïque d'Oued N'Chou 1,1 MWc

- **Localité :** Oued N'chou (Ghardaïa) ;
- **Capacité :** 1 131 816 Wc ;
- **Technologie :** huit sous champs des quatre technologies (Monocristallin, polycristallin, amorphe et couche mince CdTe) montées sur des structures fixes et motorisées ;
- **Mise en service :** juin 2014.

I.6.3. Projet de 343 MWc en centrales photovoltaïques :

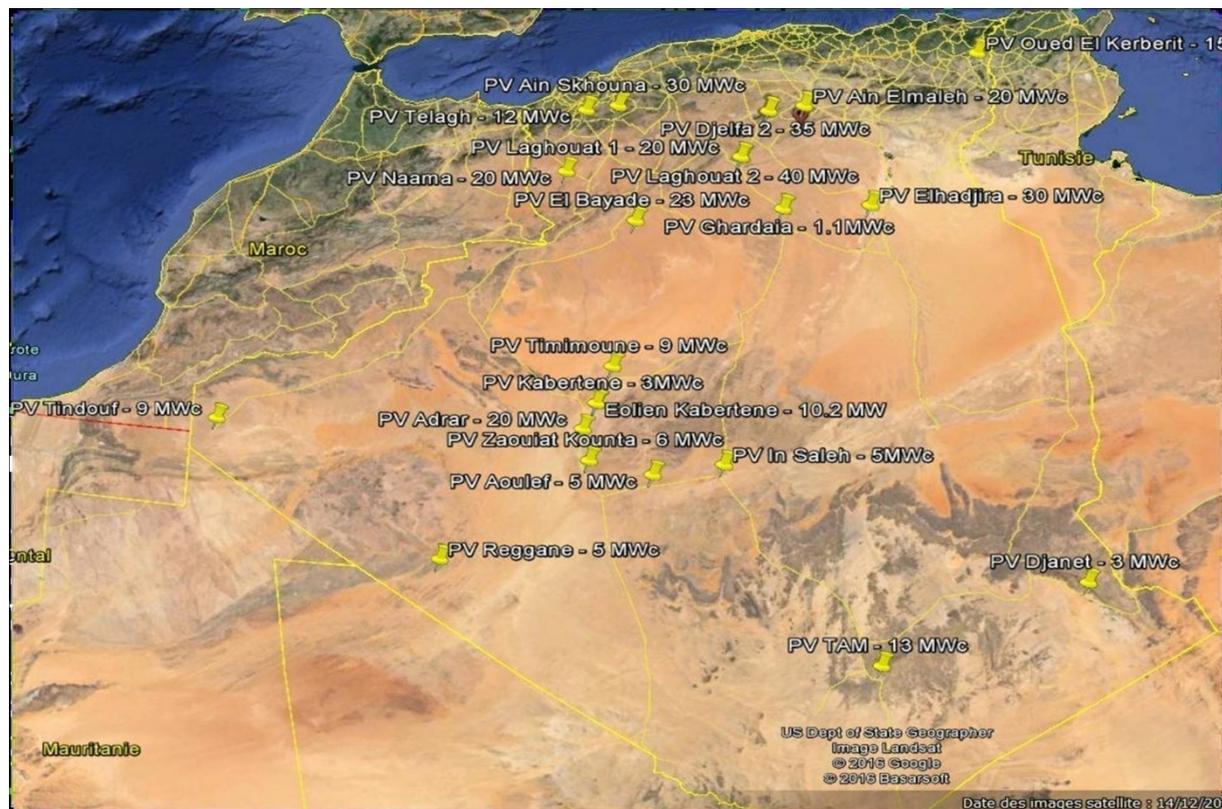


Figure (I.7) : Carte des Sites Prévisionnels d'Énergie solaire en Algérie

I.7.Études

- Actualisation de l'Atlas éolien national, en collaboration avec l'Office national de météorologie (ONM) ;
- Identification des sites éligibles à l'implantation de fermes éoliennes dans la zone de Touggourt, Hassi Messaoud et Ghardaïa, en collaboration avec le Centre de Développement des énergies renouvelables (CDER) ;
- Élaboration de l'Atlas Solaire de l'Algérie, en collaboration avec l'Agence Spatiale Algérienne (ASAL).
- Identification d'un ensemble de sites à haut potentiel solaire pouvant accueillir des centrales électriques solaires, en collaboration avec l'Agence Spatiale Algérienne (ASAL) ;
- Impact de l'intégration des énergies renouvelables sur le réseau électrique algérien, Sonelgaz en collaboration avec RES4MED/CESI. [1]

I.8. Nouvelle stratégie nationale pour le développement des énergies renouvelables pour la production de l'électricité raccordée au réseau :

Afin d'accélérer la mise en œuvre du programme et vu la baisse des coûts des équipements sur le marché international et le recours de beaucoup de pays à la procédure d'appel d'offres, une nouvelle stratégie, **basée sur la procédure d'appels d'offres**, a été mise en place, par le Ministère de l'Énergie en 2016, pour le développement des énergies renouvelables, dont la mise en œuvre est régie par le décret exécutif n° 17-98 du 26 février 2017, définissant la procédure d'appel d'offres pour la production de l'électricité à partir de sources d'énergie renouvelable.

Cette nouvelle stratégie vise à la valorisation des ressources nationales et la consolidation du développement durable en Algérie, ainsi qu'au développement d'une industrie dans le domaine du renouvelable en tant que facteur de diversification de l'économie nationale.

L'encouragement des énergies renouvelables, par voie d'appels d'offres, permettra de mettre en compétition les investisseurs dans le but de réduire le plus possible le prix du kWh produit à partir de sources d'énergie renouvelable et d'éviter les risques de profits excessifs.

Les dispositions du décret susmentionné prévoient deux modes d'initiatives relatifs aux appels d'offres : ils peuvent être aux investisseurs ou aux enchères. [2]

- S'agissant de l'appel d'offres aux investisseurs, celui-ci sera lancé par le ministère de l'Énergie pour un projet énergétique qui concernera la réalisation et l'exploitation d'installations d'énergies renouvelables (centrales électriques EnR) de grandes capacités et la commercialisation de l'électricité produite à partir de ces installations.

Ce mode concerne les installations de production de l'électricité d'origine renouvelable dont l'énergie annuelle dépasse 20 GWh par site.

Pour ce faire, les sites sont préalablement choisis et seront mis à la disposition des investisseurs retenus.

– S'agissant de l'appel d'offres aux enchères, celui-ci sera lancé par la Commission de régulation de l'électricité et du gaz (CREG), et concernera la réalisation et l'exploitation d'installations d'énergie renouvelable de petites capacités, dont le volume annuel de quantités d'énergie renouvelable sera fixé dans le cahier des charges.

Ce mode concerne les installations de production de l'électricité d'origine renouvelable dont l'énergie annuelle varie entre 10 et 20 GWh par site. [3]

Dans ce cas, les assiettes de terrain sont à la charge de l'investisseur.

I.9. Programme national d'efficacité énergétique :

Le programme d'efficacité énergétique obéit à la volonté de l'Algérie de favoriser une utilisation plus responsable de l'énergie et d'explorer toutes les voies pour préserver les ressources et systématiser la consommation utile et optimale.

L'objectif de l'efficacité énergétique consiste à produire les mêmes biens ou services, mais en utilisant le moins d'énergie possible. Ce programme comporte des actions qui privilégient le recours aux formes d'énergie les mieux adaptées aux différents usages et nécessitant la modification des comportements et l'amélioration des équipements.

Ce programme prévoit l'introduction des mesures d'efficacité énergétique dans les trois secteurs du bâtiment, du transport et de l'industrie et aussi l'encouragement de la création d'une industrie locale de fabrication des lampes performantes, des chauffe-eau solaires, des isolants thermiques par l'encouragement de l'investissement local ou étranger.

I.10. Plan d'action en matière d'efficacité énergétique :

L'efficacité énergétique est appelée à jouer un rôle important dans le contexte énergétique national, caractérisé par une forte croissance de la consommation tirée, notamment, par le secteur domestique avec la construction de nouveaux logements, la réalisation d'infrastructures d'utilité publique et la relance de l'industrie.

La réalisation de ce programme par une diversité d'actions et de projets devrait favoriser l'émergence, à terme, d'un marché durable de l'efficacité énergétique en Algérie.

Les retombées économiques et sociales de l'intégration de la dimension efficacité énergétique dans les différents secteurs d'activité sont multiples. Cette intégration permet d'améliorer le cadre de vie du citoyen, mais constitue également une réponse appropriée au défi de conservation de l'énergie avec ses implications bénéfiques sur l'économie nationale, en termes de création d'emplois et de richesse, en plus de la préservation de l'environnement.

Le programme se focalise sur les secteurs de consommation qui ont un impact significatif sur la demande d'énergie. Il s'agit principalement du bâtiment, du transport et de l'industrie.

I.10.1. Pour le secteur du bâtiment :

Le programme vise à encourager la mise en œuvre de pratiques et de technologies innovantes autour de l'isolation thermique des constructions existantes et nouvelles. Des mesures adéquates seront prévues au niveau de la phase de conception architecturale des logements.

Il s'agit également de favoriser la pénétration massive des équipements et appareils performants sur le marché local, notamment les chauffe-eau solaires et les lampes économiques : l'objectif étant d'améliorer le confort intérieur des logements en utilisant moins d'énergie.

La mise en place d'une industrie locale des isolants thermiques et des équipements et appareils performants (chauffe-eau solaires ; lampes économiques) constitue l'un des atouts pour le développement de l'efficacité énergétique dans ce secteur.

Globalement, ce sont plus **de 30 millions de TEP** qui seront économisées d'ici 2030, réparties comme suit :

1- Isolation thermique : l'objectif est d'atteindre un gain cumulé évalué à plus de 7 millions de TEP ;

2-Chauffe-eau solaire : l'objectif est de réaliser une économie d'énergie de plus de 2 millions de TEP ;

3. Lampe basse consommation (LBC) : les gains en énergie escomptés à l'horizon 2030 sont estimés à près de 20 millions de TEP ;

4-Éclairage public : l'objectif est de réaliser une économie d'énergie de près d'un (01) million de TEP à l'horizon 2030 et d'alléger la facture énergétique des collectivités.

I.10.2. Pour le secteur des transports :

Le programme vise à promouvoir les carburants les plus disponibles et les moins polluants, en l'occurrence le GPLc et le GNc : l'objectif étant d'enrichir la structure de l'offre des carburants et de contribuer à réduire la part du gasoil, en plus des retombées bénéfiques sur la santé et l'environnement. Ceci se traduirait par une économie, d'ici 2030, de plus **de 16 millions** de TEP.

I.10.3. Pour le secteur de l'industrie :

Le programme vise à amener les industriels à plus de sobriété dans leurs consommations énergétiques. En effet, l'industrie représente un enjeu pour la maîtrise de l'énergie du fait que sa consommation énergétique est appelée à s'accroître à la faveur de la relance de ce secteur. Pour ce secteur, ce sont plus de **30 millions de TEP** qui seront économisées.

Pour plus d'efficacité énergétique, il est prévu :

- La généralisation des audits énergétiques et du contrôle des procédés industriels qui permettront d'identifier les gisements substantiels d'économie d'énergie et de préconiser des plans d'actions correctifs ;
- L'encouragement des opérations de réduction de la surconsommation des procédés industriels, à travers un soutien de l'État au financement de ces opérations.

I.11. La consommation énergétique du secteur de l'industrie a atteint 10 M de tep/pcs, soit 5,6 M de tep/pci :

Par branche, le nombre d'entreprises par activité se répartit comme suit : Répartition de la consommation du Industries extractives : 900, industries manufacturières : 139277 secteurs de l'industrie par type d'énergie Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné : 1023 Production et distribution d'eau, assainissement, gestion des déchets et dépollution : 2592 Agences immobilières : 9717 ; Auxiliaire de transport : 123623.

- (I.S.M.M.E.E) : 118720 MDA
- Matériaux de Construction : 120714 MDA
- Chimie de base : 74427 MDA
- Agro-alimentaire : 408117 MDA
- Industries manufacturières : 48155 MDA
- Industries diverses : 44040 MDA

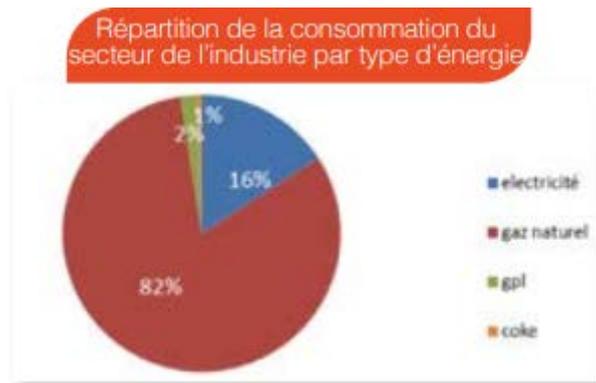


Figure (I.8) : Répartition de la Consommation du secteur de l'industrie par type D'énergie

L'analyse de la consommation finale du secteur de l'industrie montre que la consommation des combustibles est plus importante, soit 82 % du bilan global de l'industrie ; l'usage des procédés de fabrication (fours, séchoirs, chaufferies) est prédominant. L'électricité vient en deuxième position, elle ne représente que 16 % des consommations, d'où la force motrice est l'usage dominant. Une croissance modeste pour l'industrie de moins de 3,6 % par an et une baisse sensible dans les matières premières du textile et du papier, caractérisant une contreperformance la plus marquée en 2010 et un faible TUC avoisinant 50 % et un indice de production industriel passant de 67 en 2000 à 60 en 2005 et à 51 en 2017. L'évolution de la valeur ajoutée met en évidence une croissance soutenue de 2,2 % par an de l'intensité énergétique du secteur, enregistrant 32,283 Tep/MDA en 2017 contre 25,934 Tep/MDA en 2007. Où la valeur ajoutée a progressé de 1,4 %/an, tandis que la consommation énergétique finale a crû de 3,6 %/an. Cette tendance haussière est observable au niveau de l'ensemble des branches : l'agroalimentaire 8 %/an ; diverses 10 %/an ; matériaux de construction 6 % excepté. ISMMEE – 7 %/an[4]



Figure (I.9) : Répartition de la consommation du secteur de l'industrie par branche

I.12. PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ EN ALGERIENNE :

Le prix de l'électricité pour les ménages est de 5,340 DZD par kWh ou 0,040 USD par kWh. Le prix de l'électricité pour les entreprises est de 4,680 DZD par kWh, soit 0,035 USD par kWh. Ce prix comprend tous les éléments de la facture d'électricité, tels que le coût de l'énergie, la distribution et les taxes. À titre de comparaison, le prix moyen de l'électricité dans le monde pour cette période est de 0,154 USD par kWh pour les ménages et de 0,150 USD par kWh pour les entreprises. Nous avons calculé plusieurs points de données à différents niveaux de consommation d'électricité pour les ménages et les entreprises, mais sur le graphique, nous n'affichons que deux points de données. Pour les ménages, le chiffre affiché est calculé au niveau de la consommation annuelle moyenne d'électricité des ménages. Pour les entreprises, le point de données affiché utilise une consommation annuelle de 1 000 000 kWh. [5]

I.13. PRIX DE GAZ EN ALGERIE :

Ménages : le prix est de 0.003 USD par kWh. Le prix moyen dans le monde est de 0,087 USD par kWh.

Business : le prix est de 0.004 USD par kWh. Le prix moyen dans le monde est de 0,074 USD par kWh. [6]

Chapitre II : Audit énergétique étude théorique

Introduction :

Dans ce chapitre, nous aborderons trois aspects cruciaux de la gestion de l'énergie : l'audit énergétique, la facturation et les transformateurs. L'audit énergétique permet de détecter les inefficacités et de proposer des améliorations pour réduire la consommation d'énergie. La facturation, quant à elle, assure une gestion financière précise et transparente de l'énergie consommée. Enfin, nous discuterons des transformateurs, éléments essentiels pour la distribution efficace de l'énergie électrique. Ensemble, ces éléments contribuent à une gestion énergétique plus durable et rentable.

II.1. Audit énergétique :

Investir dans l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments peut être rentable grâce à la baisse des factures énergétiques. Outre les solutions classiques de financement qui s'offrent aux maîtres d'ouvrage, d'autres procédures permettent de financer les travaux de réhabilitation énergétique. Une de ces procédures consiste à passer un contrat de performance avec une société qui prend en charge l'investissement et se rembourse grâce aux gains réalisés. Typiquement, une entreprise de conduite/exploitation assume les risques du projet en effectuant l'ingénierie et en réunissant le capital nécessaire aux améliorations énergétiques. L'audit énergétique constitue l'étape essentielle pour garantir la rentabilité du projet. [7]

L'audit énergétique est une **étape essentielle pour tout propriétaire** ou gestionnaire de bâtiment souhaitant améliorer l'efficacité énergétique de son habitation ou de son entreprise. C'est un processus d'analyse approfondi qui permet d'évaluer la consommation énergétique du bâtiment et d'identifier les pistes d'amélioration pour réduire les dépenses énergétiques et minimiser son impact sur l'environnement.

II.1.1. Le déroulement d'un Audit énergétique :

L'audit énergétique commence par une visite sur site, au cours de laquelle l'auditeur collecte des données sur les équipements, effectue des mesures de consommation énergétique et inspecte l'enveloppe du bâtiment. Cette phase permet de dresser un **État des lieux précis de la situation énergétique du bâtiment**. Ensuite, l'auditeur analyse les données recueillies et réalise des simulations pour évaluer les performances énergétiques actuelles du bâtiment. Il identifie ensuite les faiblesses et les points d'amélioration potentiels, en mettant en évidence les économies d'énergie réalisables. Enfin, l'auditeur établit un rapport détaillé comprenant les résultats de l'audit, les recommandations d'amélioration, les estimations de coûts des travaux et les économies d'énergie attendues. Ce rapport permet au propriétaire de prendre des décisions éclairées sur les mesures à mettre en œuvre pour améliorer l'efficacité énergétique de son bâtiment.

II.1.3. Les Avantages d'un audit énergétique :

L'audit énergétique permet de réaliser des économies d'énergie significatives en identifiant les sources de gaspillage et en proposant des solutions d'amélioration. Ces économies peuvent se traduire par une réduction des factures d'énergie et un retour sur investissement rapide pour les travaux réalisés.

En outre, l'audit énergétique permet d'améliorer le confort des occupants en garantissant une meilleure régulation thermique et une qualité de l'air optimale. Il contribue également à valoriser le bâtiment en lui donnant une meilleure performance énergétique, ce qui peut être un atout important lors de la vente ou de la location du bien. Enfin, l'audit énergétique s'inscrit dans une démarche de transition énergétique et de préservation de l'environnement. En réduisant la consommation d'énergie, il contribue à diminuer les émissions de gaz à effet de serre et à lutter contre le changement climatique. [4]

II.2. Les transformateurs :

Depuis le dix-neuvième siècle, le transformateur de puissance a été considéré comme l'une des parties les plus importantes du réseau électrique, et la fiabilité de ce réseau est fortement liée à l'efficacité du fonctionnement du transformateur. Cet appareil est installé dans différentes parties du système électrique avec des notations différentes allant de quelques dizaines de kVA à plusieurs centaines de MVA, aux coûts d'investissement d'environ 100 à plusieurs millions de dollars. Par conséquent, prolonger la durée de vie des transformateurs et réduire leur remplacement ou leur fonctionnement, et les coûts de maintenance, sont les besoins de chaque entreprise de réseau d'énergie. Cet objectif peut être atteint en utilisant des systèmes de surveillance de l'État, qui ont attiré l'attention des chercheurs ces dernières années. [8]

II.2.1. Les transformateurs électriques : des composants indispensables des réseaux électriques publics et privés.

Les transformateurs de distribution (TD) jouent un rôle crucial dans le réseau de distribution électrique. Ils servent à transformer une tension, généralement comprise entre 10 kV et 36 kV, en une autre tension préférentielle de 400 à 440 V, qui peut être utilisée dans le domaine résidentiel, tertiaire et industriel.

II.3. Définitions des notions électrotechniques :

II.3.1. L'énergie active consommée (kWh) : utilisée par les appareils électriques afin de les avoir en marche. L'énergie active est convertie par ces derniers en puissance mécanique, qui permettra de faire fonctionner l'appareil, et en chaleur (pertes).

II.3.2. L'énergie réactive (kVar) : elle correspond à l'énergie utilisée par les appareils électriques afin de les avoir en marche. L'énergie active est convertie par ces derniers en puissance mécanique, qui permettra de faire fonctionner l'appareil, et en chaleur (pertes). [9]

Le réseau de distribution fournit l'énergie apparente qui correspond à la puissance apparente S mesurée en KVA.

II.3.3. L'énergie apparente : L'énergie apparente est la puissance totale requise par un système électrique, incluant la puissance active et réactive, mesurée en voltampères (vA). Le temps, c'est de l'argent – l'énergie aussi. Qu'il s'agisse d'électricité, de gaz ou de pétrole, un coût y est associé, et moins vous en utilisez, plus vous économisez

$$\cos \alpha = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Puissance apparente : $S=V \times I(kVA)$

Puissance active : $P=V \times I_a(kW)$

Puissance réactive : $Q=V \times I_r(kvar)$

Facteur de Puissance : $P/S = \cos \varphi$

On peut utiliser cette formule pour des tensions et des courants sinusoïdaux. C'est la raison pour laquelle on nomme le facteur de puissance "Facteur de puissance de déplacement".

$Q/S = \sin \varphi$

$Q/P = \tan \varphi$

On obtient une formule simple qui relie les forces apparentes, actives et réactives :

Une puissance apparente S minimale est indiquée par un facteur de puissance proche de l'unité. Cela implique que le système électrique est conçu de manière minimale afin de transférer une puissance active spécifique P à la charge. Ainsi, la puissance réactive est inférieure à la puissance active.

Un facteur de puissance faible suggère une situation inverse.

Formules pratiques (pour des charges équilibrées ou presque équilibrées dans les systèmes à 4 fils)

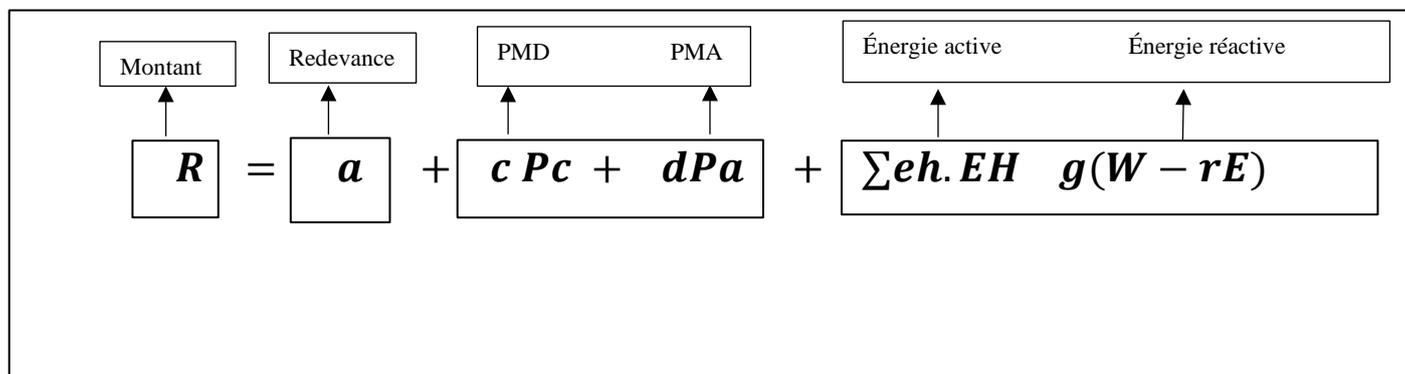
II.3.4. Facteur de puissance :

Le facteur de puissance est une grandeur très utile qui permet d'évaluer la consommation ou l'apport en puissance réactive de l'élément mis en jeu. En effet, si le facteur de puissance est proche de 1, cette donnée nous permet de constater que l'élément étudié ne consomme pratiquement aucune puissance réactive, il ne consomme que de la puissance active. Contrairement, si le facteur de puissance est proche de 0, ça nous permet de constater que cet élément consomme uniquement de la puissance réactive. Un facteur de puissance inférieur à 1 conduira à une consommation d'énergie réactive d'autant plus grande qu'il se rapproche de 0.
[10]

II.5. Facturation énergétique : Analyse et méthode d'optimisation de la facture d'électricité

Principe de tarification :

Cette formule est applicable à l'ensemble des abonnés pour les tensions et pressions suivantes



Haute Tension : 60 - 220 - 400 kV

Moyenne Tension : 5.5 —10 — 30 kV

Basse Tension : 230 - 400 V

II.5.1. Structure générale des tarifs :

Tableau (II.1) : des valeurs normalisées des PMD en kW

| Tension (kV) |
|---------------|
| 10 |
| 30 |
| 60 |

On appelle puissance mise à disposition « PMD », la puissance « réservée par SONELGAZ en vertu d'un accord ou contrat avec le client », que ce dernier peut appeler à tout moment selon ses besoins.

La PMD est choisie par le client, en général avec le conseil des agents de l'entreprise, parmi les valeurs normalisées et en fonction des niveaux de livraison.

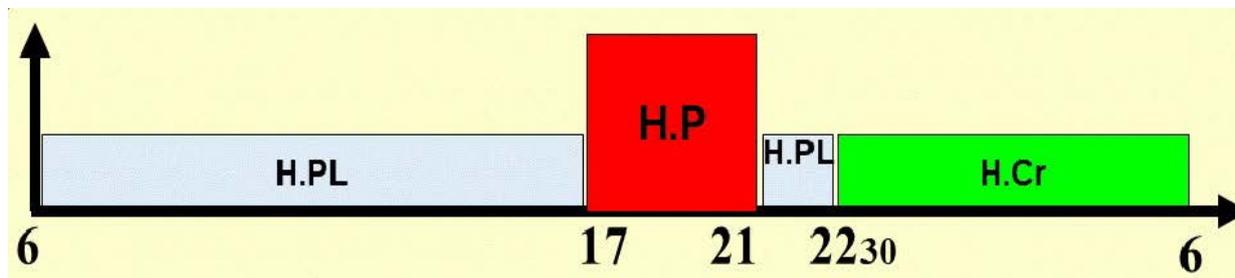
Pour HTA, décision CREG nO Dill-131 CD du 23 septembre 2013, la puissance mise à disposition « PMD » à choisir est comme suit.

Tableau (II.2) : la relation entre la tension et la puissance maximale disponible

| Tension (kV) | PMD (KW) |
|---------------|----------|
| 10 | 30 00 |
| 30 | 50 000 |
| 60 | 100 000 |

II.6. Les postes horaires et les périodes tarifaires :

Les appels de puissance enregistrés par SONELGAZ au cours des 24 heures ont fait ressortir



les constatations suivantes :

Figure II.2 : postes horaires et les périodes tarifaires

- > Des périodes de très forte demande de puissance
- > Des périodes de forte demande de puissance
- > Des périodes de faible demande de puissance

II.6.1. Différents postes horaires de la journée :

Les postes horaires délimitent, selon les tarifs, des périodes tarifaires qui sont comme suit :

Pointe : correspond au poste horaire Point déterminé « H.P. »

Heures pleines : correspondent au poste horaire « H.PL ».

Heures creuses ou nuit : correspondent au poste horaire « H. Cr ».

Hors pointe : correspond aux postes horaires « H.PL + H.Cr » de 6 heures à 17 heures et de 21 heures à 6 heures.

Jours : correspond aux postes horaires « H.PL+H.P » de 6 heures à 22 heures et 30 minutes.

Unique : correspond aux trois postes horaires « H.PL+H.P+H.Cr ».

Pour ces périodes tarifaires, on retient :

Un triple tarif caractérisé par les trois périodes tarifaires « H.PL, H.P, H.Cr » et trois prix différents pour la facturation de l'énergie.

Deux doubles tarifs, chacun couvrant deux périodes tarifaires différentes et deux prix différents pour la facturation de l'énergie.

Jour et nuit sur pointe et hors pointe

Un simple tarif unique pour toutes les heures de la journée [11]

II.7. Différents tarifs de la Haute tension :

Le tableau ci-dessous représente les intervalles de temps de la haute tension pour différents tarifs.

Tableau II.3: Les plages temporelles de la haute tension en Algérie :

| | | |
|----------|--------------|------------------------------------|
| Tarif 31 | H. creuses | (22h30 à 06h00) |
| | H. de pointe | (17h00 à 21h00) |
| | H. pleines | (06h00 à 17h00) et (21h00 à 22h30) |
| Tarif 32 | Poste unique | (24h /24h) |

II.7.1. Différents tarifs de la Moyenne tension :

Le tableau ci-dessous représente les intervalles de temps de la moyenne tension pour différents tarifs

Tableau (II.4) : Les plages temporelles de la moyenne tension en Algérie :

| | | |
|----------|--------------------|------------------------------------|
| Tarif 41 | H. creuses | (22h30 à 06h00) |
| | H. de pointe | (17h00 à 21h00) |
| | H. pleines | (06h00 à 17h00) et (21h00 à 22h30) |
| Tarif 42 | Heures de pointe | (17h00 à 21h00) |
| | Heures hors pointe | (21h00 à 17h00) |
| Tarif 43 | Nuit | (22h30 à 06h00) |
| | Jour | (06h00 à 22h30) |
| Tarif 44 | Poste unique | (24h /24h) |

Conclusion

En conclusion, l'audit énergétique, la facturation précise et les transformateurs jouent des rôles essentiels dans la gestion efficace de l'énergie au sein des organisations. L'audit énergétique permet d'identifier les opportunités d'économies et d'améliorations, tandis que la facturation assure une gestion financière rigoureuse et transparente. Les transformateurs, eux, garantissent une distribution efficace de l'énergie électrique. Ensemble, ces pratiques contribuent non seulement à réduire les coûts opérationnels, mais aussi à promouvoir une utilisation plus durable des ressources énergétiques. Il est donc crucial pour les entreprises de mettre en œuvre ces stratégies afin de maximiser leur efficacité énergétique et de contribuer à un avenir plus durable.

**Chapitre III : Audit
énergétique d'Université
Saad Dahleb**

Introduction :

Dans un contexte mondial où l'efficacité énergétique devient une préoccupation majeure, les institutions d'enseignement supérieur, en tant que centres de savoir et d'innovation, sont appelées à jouer un rôle de premier plan. L'Université Saad Dahleb Blida 1, pilier de l'éducation en Algérie depuis 1977, s'inscrit pleinement dans cette dynamique en alliant excellence académique et gestion responsable de ses ressources.

Ce chapitre propose une exploration approfondie de l'Université de Blida 1, en mettant l'accent sur son approche novatrice en matière de gestion énergétique. Nous commencerons par présenter l'institution, son histoire riche et sa structure organisationnelle qui en font un acteur incontournable de l'enseignement supérieur algérien.

Au cœur de notre analyse se trouve l'audit énergétique, un processus crucial pour évaluer et optimiser la consommation d'énergie de l'université. Cet audit, étape essentielle vers une meilleure efficacité énergétique, permet d'identifier les sources de gaspillage et de proposer des solutions concrètes pour réduire l'empreinte écologique de l'établissement.

Enfin, nous nous pencherons sur le travail de facturation énergétique, un aspect souvent négligé mais fondamental pour une gestion financière saine. Cette analyse détaillée des coûts énergétiques, incluant l'étude des différents tarifs applicables et l'optimisation de la puissance souscrite, vise à réaliser des économies substantielles tout en maintenant la qualité des services offerts à la communauté universitaire.

À travers cette exploration, nous mettrons en lumière comment l'Université Saad Dahleb Blida 1 s'efforce de concilier sa mission éducative avec une gestion énergétique responsable, ouvrant ainsi la voie à un modèle d'institution durable pour le 21^e siècle.

Historique :

- 1977 : Création sous le nom de Centre universitaire de Blida.
- 1989 : Évolution en Université de Blida, marquant un tournant avec l'extension des programmes et des infrastructures.
- 2009 : Renommée Université Saad Dahleb Blida 1 en hommage à Saad Dahleb, intellectuel et politicien algérien.



Figure (III.1) : Université Blida 1(route de Soma)

III.1. Facultés et Départements :

L'université est structurée en plusieurs facultés et instituts offrant une vaste gamme de programmes académiques.

III.1.1. Faculté des Sciences :

- Département de Mathématiques : programmes en mathématiques fondamentales et appliquées.
- Département de Physique : Cours couvrant la physique théorique et expérimentale.
- Département de chimie : études en chimie organique, inorganique et analytique.
- Département de biologie : formation en biologie cellulaire, moléculaire et écologie.
- Département des Sciences de la Terre : géologie, géophysique et sciences de l'environnement.

III.1.2. Faculté de Technologie :

- Département de Génie civil : ingénierie des structures, des matériaux et des constructions.
- Département de génie mécanique : conception mécanique, thermodynamique et robotique.
- Département de Génie électrique : électrotechnique, électronique et télécommunications.
- Département d'informatique : Informatique théorique, développement logiciel et systèmes informatiques.

III.1.3. Faculté des Sciences Médicales :

- Département de Médecine : formation médicale complète avec stages cliniques.
- Département de Pharmacie : études en pharmacologie, chimie pharmaceutique et biotechnologie.
- Département de Médecine Dentaire : dentisterie clinique et sciences bucco-dentaires.
- et des Sciences de gestion
- Département d'Économie : théorie économique, économie appliquée, et développement économique.
- Département de gestion : administration des affaires, gestion financière, et ressources humaines.
- Département de commerce : marketing, commerce international et gestion des opérations.

III.1.5. Faculté des Lettres et des Langues :

- Département de langue et littérature arabe : littérature arabe classique et contemporaine, linguistique.
- Département de langue et littérature française : littérature française, études francophones, et traduction.
- Département de langue et littérature anglaise : littérature anglaise, linguistique appliquée et études culturelles.

III.1.6. Faculté des Sciences Sociales et Humaines : – Département de sociologie : théories sociologiques, recherches empiriques et politiques sociales.

- Département de Psychologie : Psychologie clinique, développementale, et expérimentale.
- Département de Philosophie : Histoire de la philosophie, éthique, et philosophie contemporaine.
- Département d'Histoire : Histoire moderne et contemporaine, histoire de l'Algérie, et archivistique.

III.1.7. Institut d'Agronomie :

- **Agronomie** : Production végétale, science du sol, gestion de l'eau, et développement rural.

III.1.8. Recherche et Innovation :

L'Université Saad Dahleb Blida 1 est un centre dynamique pour la recherche et l'innovation. Elle possède plusieurs laboratoires et centres de recherche spécialisés :

- **Laboratoire de Biotechnologie** : Recherche en biotechnologie végétale, animale, et microbienne.
- **Centre de Recherche en Sciences des Matériaux** : Étude des matériaux avancés et nanotechnologie.
- **Institut de Recherche en Énergie** : Projets sur les énergies renouvelables et durabilité énergétique.

III.1.9. Vie Étudiante :

L'université propose une vie étudiante riche et variée :

- **Associations Étudiantes** : Clubs académiques, culturels, et sportifs.
- **Événements et Conférences** : Séminaires, ateliers, et symposiums internationaux.
- **Infrastructures Modernes** : Bibliothèques, résidences universitaires, installations sportives, et espaces de détente.

III.1.10. Engagement Communautaire et Partenariats :

L'Université Saad Dahleb Blida 1 est activement engagée dans le développement communautaire :

- **Projets Locaux** : Initiatives de développement régional et collaborations avec les collectivités locales.
- **Partenariats Internationaux** : Accords de coopération avec des universités et centres de recherche à travers le monde.
- **Programmes de Formation Continue** : Sessions de formation pour les professionnels et programmes de certification. [10]

III.2. Transformateur 800 kVA 30 kV / 0,4 k :

Le réseau électrique de l'université est conçu pour fournir une alimentation fiable et continue avec une puissance de 30 KVA. Cette alimentation est distribuée à travers 14 postes de distribution répartis sur le campus. Chaque poste de distribution est équipé de deux transformateurs abaisseurs, qui réduisent la tension pour répondre aux besoins spécifiques des différents pavillons. Ces transformateurs jouent un rôle crucial dans la régulation de la tension, assurant ainsi que l'éclairage et les autres équipements électriques fonctionnent de manière optimale dans toute l'université.

Le tableau (III.1) représente les différentes caractéristiques des transformateurs 800 kVA installés à l'université de Blida 1. Ces transformateurs sont regroupés par quatre dans un poste et chaque poste alimente quatre pavillons différents.

Tableau III.1 : Les caractéristiques du Transformateur 800 kvA du pavillon 23

| Puissance nominale | Tension primaire | Tension secondaire | Courant primaire | Courant secondaire | Type couplage | Type refroidissement |
|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|---------------|----------------------|
| 800 kvA | 30 kv | 400 v | 1250 A | 630 A | Dyn 11 | ONAN |

III.3. Différents prix unitaires :

Nous représentons dans ce qui suit l'offre tarifaire de SONALGAZ (tarif 41,42,43 et 44).



الشركة الجزائرية للكهرباء والغاز - التوزيع
Société algérienne de l'électricité et du gaz - Distribution

FOURNITURE D'ELECTRICITE HAUTE TENSION TYPE A Novembre 2023

Capital Social : 64 000 000 000 DA **FACTURE N°:412311A00740** N° RIB :BNA 001004420300030503071
 Direction de distribution : BLIDA N° NIF :0006090545593 N° RIP :00799999000038060775
 Adresse: 16 BVD Mohamed BOUDIAF BLIDA N° NIS :000609010536558 N° Fax : (000) 00-00-00
 N° RC: 09/01 0805455806 N°AI:09015214066 N° Tél : (025) 20-77-90

Client

Référence : 091072801151123 N° Contrat: 4180012E1984

N° Client : 4191151 Poste N°: 306 N° IS : N° RC :

Nom Du Client :UNIVERSITE BLIDA1 SCE CENTRAUX NIF : 000309079036344 Tél : 025433866

Adresse lieux de consommation: UNIVERSITE BLIDA1 SCE CEN Fax : 025433864

Nom & adresse du destinataire de la facture : UNIVERSITE BLIDA1 SCE CENTRAUX BLIDA 09000

Type : Facture cyclique Tarif: 41 Période de consommation du : 01/11/2023 au 30/11/2023

Consommation :

| Compteurs | N° série | Coeff. de Lecture | Index Premier Cadran | | Index Second Cadran | | Index Troisième Cadran | |
|-----------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------|---------------------|-----------|------------------------|------------|
| | | | Ancien | Nouveau | Ancien | Nouveau | Ancien | Nouveau |
| Actif-T-Tarif | 031261004310 | 1.00 | 8 167 720 | 8 233 334 | 3 842 267 | 3 878 647 | 17 684 190 | 17 833 954 |
| Reactif-S-T | | 1.00 | 7 714 657 | 7 773 068 | | | | |
| Index Puissance | | 1.00 | | 897 | | | | |

| Energies | Consommations | | | Périodes Tarifaires | | |
|------------------|---------------|-----------|------------|---------------------|-----------|------------|
| | Cadran 1 | Cadran 2 | Cadran 3 | Creuse | Pointe | Plaine |
| Consom. Active | 65 614,00 | 36 380,00 | 149 764,00 | | | |
| P.E.C. Active | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 65 614,00 | 36 380,00 | 149 764,00 |
| P.A.V Active | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | |
| Consom. Réactive | 58 431,00 | | | | | 58431,00 |
| P.E.C Réactive | 0,00 | | | | | |
| P.A.V Réactive | 0,00 | | | | | |

| FACTURATION | Energie consommée | | A déduire | A ajouter(DA) |
|--|--|------------|-----------|---------------------|
| | Quantité | P.U. (cDA) | | |
| Veuillez régler par : | Creuse | 65 614,00 | 102,40 | 67 188,74 |
| | Pointe | 36 380,00 | 872,02 | 317 240,88 |
| | Plaine | 149 764,00 | 193,76 | 290 182,73 |
| - Virement au compte CCP ou bancaire sus indiqué | Facteur de Puissance (ER/EA) | 23,21 % | | |
| - Chèque CCP ou bancaire adressé à notre unité | Bonification | 67 448,00 | 9,11 | 6 144,51 |
| | Puissance Mise à Disposition | 7500 | 2 585,00 | 193 875,00 |
| | Puissance Maximale atteinte | 897 | 11 615,00 | 104 186,56 |
| | Primes Fixes (DA) | 1 | | 38 673,36 |
| | Montant énergie HT | | | 1 005 202,74 |
| | TVA énergie Taux 19% | | | 190 988,52 |
| | Location (Comptage, Transformateur) | | | 0,00 |
| | Entretien du poste transformateur | | | 0,00 |
| | Frais de coupure, remise et autres prestations | | | 0,00 |
| | Montant prestation Hors Taxes | | | 0,00 |
| | TVA prestation Taux 19 % | | | 0,00 |
| | Taxe d'habitation | | | 0,00 |
| | Soutien de l'état | | 0,00 | 0,00 |
| | Taxe sur vente de produits énergétiques | | | 0,00 |
| | TOTAL FACTURE: | | | 1 196 191,21 |

Contribution aux coûts permanents du système: 1888,19

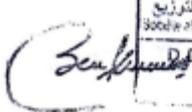
AVIS:
Un délai de paiement de 15 jours à dater de la réception de la présente facture vous est accordé. Passé ce délai, nous serons dans l'obligation d'entamer la procédure de suspension de la fourniture d'énergie.

La présente facture est arrêtée à la somme de : **BLIDA, le 12/12/2023**

Un million cent quatre-vingt-seize mille cent quatre-vingt-onze Dinars et vingt-six centimes

Coupon détachable à joindre à votre correspondance CIE EBP: 901

N° Client : 4191151 

Facture N°:412311A00740 

Référence : 091072801151123 

Montant : 1 196 191,28 DA

Figure (III.2) : facture de l'université Saad Dahleb

Tarif 41 : divise la journée en heures creuses, des pointes et pleines, permettant une gestion fine de la consommation en fonction des besoins horaires.

Le tableau (III.1) représente les plages horaires, les consommations et le tarif de toute l'université

Tableau (III.2) : Facture détaillée de l'université Blida1 avec le tarif 41 :

| Energie consommé | Quantité | P.U(cDA) | A ajouter (DA) |
|---------------------------------|------------|-----------|----------------|
| H. creuses | 65 614,00 | 102,40 | 67 188,74 |
| H. de pointe | 36 380,00 | 872,02 | 317 240,88 |
| H. pleines | 149 764,00 | 193,76 | 290 182,73 |
| la puissance Mise à disposition | 7 500 | 2 585,00 | 193 875,00 |
| la puissance Maximale atteinte | 897 | 11 615,00 | 104 186,55 |
| Redevance fixe | 1 | 38 673,35 | 38 673,35 |
| Montant énergie HT | | | 1 005 202,74 |
| TVA(énergie Taux 19%) | | | 190 988,52 |
| TTC | | | 1196 191,26 |

Tarif 42 : Il est constitué de deux tranches, les heures de pointe et hors pointe, simplifiant la structure tarifaire pour une gestion plus intuitive.

Tableau de (III.3) : Facture détaillée de l'université Blida1 avec le tarif 42 :

| Energie consommé | Quantité | P.U(cDA) | A ajouter (DA) |
|---------------------------------|-----------|----------|----------------|
| H. de pointe | 36 380,00 | 872,02 | 317 240,88 |
| H. hors pointe | 215378,00 | 180,64 | 389 058 ,81 |
| la puissance Mise à disposition | 7500 | 3870 | 290250 |
| la puissance Maximale atteinte | 897 | 1 805,8 | 16198,026 |
| Redevance fixe | 1 | 515,65 | 515,65 |
| Montant énergie HT | | | 727747.36 |
| TVA(énergie Taux 19%) | | | 138271.99 |
| Totale TTC | | | 866019.359 |

Tarif 43 : Ce tarif offre une distinction entre la consommation nocturne et diurne, pertinent pour les installations avec une activité principalement nocturne.

Tableau (III.4) : Facture détaillée de l'université Blida1 avec le tarif 43 :

| Energie consommé | Quantité (w) | P.U(cDA) | A ajouter (DA) |
|---------------------------------|--------------|----------|----------------|
| Nocturne(nuit) | 65 614,00 | 102,40 | 67188,736 |
| Diurne(Jour) | 186 144,00 | 428,30 | 797254,752 |
| la puissance Mise à disposition | 7 500 | 3 870 | 290 250 |
| la puissance Maximale atteinte | 897 | 15 456 | 138 640,32 |

| | | | |
|------------------------|---|--------|-----------------|
| Redevance fixe | 1 | 51 565 | 515,65 |
| Montant énergie HT | | | 1293849.46 |
| TVA(énergie Taux 19%) | | | 245831.3974 |
| Totale TTC | | | 1 539 680.85702 |

Tarif 44 : Propose un tarif unique 24h/24, idéal pour les consommations constantes sans pic particulier.

Tableau de Tarif 44 (III.5) : Facture détaillée de l'université Blida1 avec le tarif 44 :

| Energie consommé | Quantité | P.U(cDA) | A ajouter (DA) |
|---------------------------------|----------|----------|-----------------|
| Poste unique | 251 758 | 375,60 | 945 603,048 |
| la puissance Mise à disposition | 7 500 | 3 870 | 290 250 |
| la puissance Maximale atteinte | 897 | 18 058 | 161 980,26 |
| Redevance fixe | 1 | 515,65 | 515,65 |
| Montant énergie HT | | | 1398348.958 |
| TVA(énergie Taux) 19% | | | 265 686.30202 |
| Totale TTC | | | 1 664 035.26002 |

III.4.Factures Détaillées:

1. Tarif 41 :

- Heures pleines (8h - 17h) : Probablement les plus chères.
- Heures creuses (17h - 8h) : Moins chères mais peu utilisées par l'université.
- Heures de pointe : Coûts élevés pendant des périodes spécifiques.
- Conclusion : Pas optimal car les heures pleines et de pointe couvrent la majeure partie de la journée de travail.

2. Tarif 42 :

- Heures de pointe : Périodes spécifiques avec coûts élevés.
- Hors pointe : Coûts plus bas.
- Conclusion : Plus simple à gérer mais si les heures de pointe coïncident avec les heures de travail (8h - 17h) cela peut être coûteux
- Totale TTC : 866 019,359 DA

3. Tarif 43 :

- Consommation nocturne : Tarifs plus bas.
- Consommation diurne (8h - 17h) : Tarifs potentiellement élevés.
- Conclusion : Moins adapté car les tarifs diurnes couvrent la majeure partie de la journée de travail.
- Totale TTC : 1 539 680,85702 DA.

4. Tarif 44 :

- Tarif unique 24h/24 : Même coût pour toutes les heures.
- Conclusion : Simple et prévisible. Peut-être avantageux si les tarifs des autres options sont élevés pendant les heures de travail.
- Totale TTC : 1 664 035,26002 DA.

III.4.1. Comparaison et Choix du Moins Cher :

- **Tarif 42** : 866 019,359 DA

- **Tarif 43** : 1 539 680,85702 DA
- **Tarif 44** : 1 664 035,26002 DA

Le **Tarif 42** est le moins cher avec un coût total TTC de 866 019,359 DA. Ce tarif offre une tarification stable et prévisible, ce qui facilite la gestion budgétaire sans surprises dues aux variations horaires et permet une meilleure planification financière à long terme

Remarque : le gain réalisé (1 196 191,26 -866 019.359) est 330 171,9 DA

III.5. Gestion de la puissance dans les réseaux électriques :

Dans le domaine des réseaux électriques, la gestion de la puissance est une préoccupation centrale pour garantir une fourniture d'électricité fiable et efficace. La Puissance Maximale Disponible (PMD) représente la capacité maximale qu'un réseau peut fournir à un instant donné, tandis que la Puissance Maximale Absorbée (PMA) correspond à la demande maximale d'énergie électrique des consommateurs.

Un déséquilibre significatif entre la PMD et la PMA peut entraîner plusieurs problèmes opérationnels et économiques. Si la PMD est trop élevée par rapport à la PMA, le réseau peut se retrouver avec une surcapacité, ce qui entraîne des coûts inutiles liés à l'entretien et à la gestion d'infrastructures surdimensionnées. En revanche, si la PMD est insuffisante par rapport à la PMA, cela peut entraîner des coupures de courant, des surcharges et des risques accrus de pannes, affectant la fiabilité du réseau.

Tableau III.6 : Valeurs normalisés des PMD en kW proposes par SONALGAZ

| | |
|-------|--------|
| 50 | 1 500 |
| 80 | 2 000 |
| 120 | 2 500 |
| 200 | 2 000 |
| 320 | 4 000 |
| 1 1 | 4 500 |
| 650 | 5 000 |
| 800 | 7 500 |
| 1 000 | 10 000 |
| 1 500 | 12 500 |
| 2 000 | 15 000 |

Solution :

Dans le cadre de la gestion optimale de notre réseau électrique, il est crucial d'ajuster les paramètres de puissance pour répondre aux besoins réels de consommation. Actuellement, nous faisons face à un déséquilibre significatif entre la Puissance Maximale Disponible (PMD) et la Puissance Maximale Absorbée (PMA). Cette situation engendre soit une surcapacité coûteuse, soit des risques accrus de surcharge et de coupures de courant. Afin de remédier à ces problèmes et d'assurer une fourniture d'électricité fiable et efficace, nous proposons une solution consistant

à ajuster la valeur de la PMD. En alignant la PMD avec les besoins réels de consommation, nous pourrions optimiser les coûts d'entretien des infrastructures et améliorer la stabilité et la fiabilité du réseau électrique.

Face aux défis opérationnels et économiques posés par le déséquilibre entre la Puissance Maximale Disponible (PMD) et la Puissance Maximale Absorbée (PMA), nous avons identifié une solution durable consistant à ajuster la valeur de la PMD. Cette démarche nécessite une collaboration étroite avec SONALGAZ, l'entité responsable de la distribution d'énergie électrique, pour garantir un équilibre optimal entre l'offre et la demande.

La solution proposée consiste à soumettre une demande officielle à SONALGAZ pour modifier la valeur de la PMD afin de mieux correspondre aux besoins réels de consommation énergétique. Cet ajustement permettra de réduire les coûts excessifs liés à la maintenance et à la gestion des infrastructures surdimensionnées, tout en minimisant les risques de coupures de courant et de surcharges du réseau. L'objectif est d'assurer une stabilité et une efficacité accrues du réseau électrique, bénéficiant ainsi à tous les utilisateurs.

III.5.1. Différents prix unitaires :

Nous proposons un ajustement de la PMD de 7500KW à 1500Kw pour le tarifs 41 et 42 :

Tableau de Tarif 41(III.7) : Facture détaillée de l'université Blida1 avec le tarif 41 (avec optimisation) :

| Energie consommé | Quantité | P.U(cDA) | A ajouter (DA) |
|---------------------------------|--------------|-----------|----------------|
| H. creuses | 65 614,00 | 102,40 | 67 188,74 |
| H. de pointe | 36 380,00 | 872,02 | 317 240,88 |
| H. pleines | 149 764,00 | 193,76 | 290 182,73 |
| la puissance Mise à disposition | 1 500 | 2 585,00 | 3 8 775,00 |
| la puissance Maximale atteinte | 897 | 11 615,00 | 104 186,55 |
| Redevance fixe | 1 | 38 673,35 | 38 673,35 |
| Montant énergie HT | | | 856247,25 |
| TVA énergie Taux 19% | | | 162686,978 |
| Total TTC | | | 1018934,23 |

Remarque : le gain réalisé (1196191,26 -1018934,23) est 177257.03 DA

Tableau de Tarif 4 (III.8) : Facture détaillée de l'université Blida1 avec le tarif 41 (avec optimisation) :

| Energie consommé | Quantité | P.U(cDA) | A ajouter (DA) |
|---------------------------------|-------------|----------|----------------|
| H. de pointe | 36 380,00 | 872,02 | 317 233 ,6 |
| H. hors pointe | 215378,00 | 180,64 | 387,68 |
| la puissance Mise à disposition | 1500 | 3870 | 58050 |
| la puissance Maximale atteinte | 897 | 1 805,8 | 16190,85 |
| Redevance fixe | 1 | | 515,65 |
| Montant énergie HT | | | 392 377 ,78 |

| | | |
|------------|------------------|------------|
| TVA | énergie Taux 19% | 74551,77 |
| Totale TTC | | 466 929,55 |

Remarque : le gain réalisé (866019,359-466 929,55) est 399 089,45

Remarque : le gain total réalisé est 729 261,35 DA

Conclusion

L'optimisation des factures universitaires a permis à l'institution de réaliser un gain financier significatif de 729 261,35 euros. Les mesures prises ont démontré leur efficacité et ont établi une base solide pour une gestion financière durable. Ces résultats positifs encouragent à poursuivre l'effort d'optimisation et à rechercher continuellement de nouvelles opportunités d'économies.

Chapitre IV :
L'INTEGRATION
DES ENERGIES
RENOUVELABLES

Introduction :

Ce chapitre présente une étude complète de l'installation d'un système photovoltaïque pour le pavillon 23 de l'université Saad Dahleb de Blida. L'objectif principal est l'intégration de l'énergie solaire photovoltaïque à travers le dimensionnement d'un système qui répond aux besoins énergétiques tout en optimisant l'efficacité et en minimisant les coûts. L'étude inclut plusieurs scénarios basés sur des configurations différentes pour évaluer les meilleures options techniques et

L'audit énergétique, essentiel pour ce projet, a été réalisé en plusieurs étapes : évaluation des besoins énergétiques journaliers, estimation de l'irradiation solaire, choix de l'inclinaison optimale, dimensionnement de la capacité de stockage, sélection des régulateurs et onduleurs, et enfin, établissement d'un plan de câblage et d'une estimation des coûts. Le but est d'offrir une solution durable et économique pour la consommation énergétique du pavillon 23.

IV.1Présentation du cas d'étude :

IV.1.1. Présentation de Pavion 23 :

- Magazine
- Bureau de chef département
- Bureau de secrétariat
- Bureau DEO
- Salle des enseignants
- 11-salles
- 10 bureaux
- 2 couloirs
- Labo
- 2 salles de TP

IV.1.2. Matériels :

- Les lampes : néon
- Les PC
- Frigo
- Imprimante
- Imprimante 2
- Ventilateur
- Data Chou

IV.1.3. Les équipements d'une installation photovoltaïque :

- Panneau PV 450 w
- Batterie 200
- Onduleur solaire 10000 W
- Câblage + accessoire
- Structure Porteuse des panneaux solaires
- Structure des batteries.

IV.2. Les étapes du dimensionnement :

Les étapes suivantes permettent de dimensionner un système photovoltaïque :

- Estimation des besoins journaliers en électricité E_j (en Wh/j).
- Estimation de l'irradiation journalière.
- Choix d'une inclinaison optimale en fonction du gisement local.
- Estimation de la capacité de stockage requise en fonction de l'autonomie désirée.
- Choix d'un régulateur (Dimensionnement du régulateur de charge/décharge).
- Dimensionnement de l'onduleur. Plan de câblage.
- Estimation de coût du système.

IV.3. Procédures du calculs :

Puissance de fonctionnement de l'appareil :

$$P = \sum(N * P)$$

Puissance de l'onduleur :

$$P_{\text{onduleur}} = \frac{P * 1.25}{0.9}$$

Energie consommée par jour Wh/j numéro de panneau

$$EJ = \sum(N * P * t)$$

Numéro de batterie :

$$NB = \frac{EJ * \text{Nautonomie}}{DOD * V * c}$$

Calcul de la puissance crête des panneaux PV

$$P_{\text{champ}} = \frac{EJ}{DE}$$

Numéro de panneau :

$$NP = \frac{P_{\text{champ}}}{P_{\text{panneau}} * 0.8}$$

$$N_{\text{panneau}} = \frac{P}{P_{\text{panneau}} * 0.8}$$

IV.4. Les différents scenarios d'intégration des EnR (Pavillon 23) :

IV.4.1. Scénario 1 : Avec Stockage (Pavillon 23)

Le tableau suivant représente les besoins énergétiques journaliers du pavillon 23 en fonction des différents locaux et équipements. Chaque équipement est listé avec son nombre (N), sa puissance (P), et le temps d'utilisation quotidien (h), permettant de calculer la consommation énergétique en Wh par jour.

Tableau (IV.1) : besoin électrique journalier du pavillon 23 :

| | | | | | | |
|-----------------------|-------------|----|------|-----|------|-------|
| | | | | | | |
| Magazine | Lampe | 8 | 36 | 0,5 | 288 | 144 |
| | PC | 1 | 150 | 0,5 | 150 | 75 |
| | Frigo | 1 | 63 | 24 | 63 | 1512 |
| Chef de dept | Lampe | 16 | 36 | 8 | 576 | 4608 |
| | PC | 1 | 150 | 8 | 150 | 1200 |
| | Imprimante | 1 | 300 | 0,5 | 300 | 150 |
| Secretariat | Lampe | 8 | 36 | 8 | 288 | 2304 |
| | PC | 1 | 150 | 8 | 150 | 1200 |
| | Imprimant2 | 1 | 150 | 0,5 | 150 | 75 |
| | | | | | | |
| DEO | Lampe | 16 | 36 | 8 | 576 | 4608 |
| | PC | 1 | 150 | 8 | 150 | 1200 |
| | Imprimante | 1 | 300 | 0,5 | 300 | 150 |
| | Climatiseur | 1 | | | | |
| | Imprimante2 | 1 | 150 | 0,5 | 150 | 75 |
| Salle des enseignants | Lampe | 18 | 36 | 8 | 648 | 5184 |
| | Climatiseur | 1 | | | | |
| Salle01 | Lampe | 30 | 36 | 8 | 1080 | 8640 |
| Salle02 | Lampe | 30 | 36 | 8 | 1080 | 8640 |
| Salle 03 | Lampe | 36 | 36 | 8 | 1296 | 10368 |
| Salle04 | Lampe | 78 | 36 | 8 | 2808 | 22464 |
| | | | | | | |
| Couloir | lampe | 95 | 18 | 8 | 1710 | 13680 |
| | DATACHOU | 3 | 600 | 3 | 1800 | 5400 |
| Bureau | Lampe | 8 | 36 | 8 | 288 | 2304 |
| | PC | 1 | 150 | 8 | 150 | 1200 |
| | Frigo | 1 | 12,5 | 24 | 12,5 | 300 |

| | | | | | | |
|----------------|--------------|-----|-----|-----|---------|--------|
| | ventilateur | 1 | 50 | 8 | 50 | 400 |
| Bureau | Lampe | 22 | 36 | 8 | 792 | 6336 |
| | imprimante | 3 | 150 | 0,5 | 450 | 600 |
| | Imprimante 2 | 1 | 300 | 0,5 | 300 | 150 |
| | PC | 3 | 150 | 8 | 450 | 3600 |
| 8 Bureau | lampe | 64 | 36 | 8 | 2304 | 18432 |
| 7 Salles | lampe | 282 | 36 | 8 | 10152 | 81216 |
| Couloir | lampe | 64 | 18 | 8 | 1152 | 9216 |
| 2 SALLES DE TP | Lampe | 76 | 36 | 8 | 2736 | 21888 |
| | Pc | 28 | 150 | 8 | 8400 | 67200 |
| | DATACHOU | 2 | 600 | 8 | 1200 | 9600 |
| BUREAU | Lampe | 22 | 36 | 8 | 792 | 6336 |
| Labo | lampe | 76 | 36 | 8 | 2736 | 21888 |
| | PC | 1 | 150 | 8 | 150 | 1200 |
| | imprimante | 1 | 150 | 0,5 | 150 | 75 |
| | Imprimante 2 | 1 | 400 | 0,5 | 400 | 200 |
| | | | | | 46377,5 | 343818 |

Ce tableau présente les totaux calculés analytiquement à partir des données du tableau 1.1, incluant la puissance totale (W), la puissance requise pour l'onduleur (W), l'énergie journalière consommée (Wh), et le nombre de batteries nécessaires. Il fournit également une estimation de la puissance de champ PV nécessaire et du nombre de panneaux solaires requis

Tableau (IV.2) : les calculés analytiquement

| | |
|------------------------------|-------------|
| Puissance total (W) | 46377,5 |
| Puissance de onduleur (W) | 64413,19444 |
| Energie journalière (Wh) | 343818 |
| Le nombre de batteries | 17,05 |
| Puissance de le champ PV (W) | 68763,6 |
| Le nombre de panneaux | 128,8263889 |

Le tableau suivant représente une estimation détaillée des coûts pour les composants principaux du système photovoltaïque, y compris les panneaux solaires, les onduleurs, les batteries, le câblage, et les structures de montage. Les coûts sont présentés hors taxes (HT) et toutes taxes comprises (TTC).

Tableau (IV. 3) : Devis quantitatif et estimatif

| | Nombre (N) | Prix unitaire (P) en (da) | N*P (DA) |
|-------------------------------|------------|---------------------------|------------|
| Panneau 450 W | 128 | 35000 | 4 480 000 |
| Onduleur 10000 W | 6 | 250000 | 900 000 |
| Batterie 200 Ah | 18 | 62000 | 1 116 000 |
| Câblage + accessoire | 1 | 753800 | 753 800 |
| Structure Panneaux (support) | 128 | 8000 | 1 024 000 |
| Structure Batteries (support) | 18 | 1000 | 18 000 |
| TOTAL HT | | | 8 891 800 |
| TVA 19% | | | 1 689 442 |
| TOTAL TTC | | | 10 581 242 |

Vue le gaspillage de l'utilisation de l'énergie électrique notamment au niveau du pavillon 23, nous recommandons d'optimiser la consommation énergétique par l'utilisation des lampes économiques (Led) avec un nombre réduit en gardant la luminosité nécessaire en utilisant le logiciel de simulation DIALUX. Le tableau montre une réduction significative des besoins énergétiques)

IV.4.2. Scenario 2 : Avec stockage en utilisant l'outil d'optimisation de l'éclairage – DIALUX- :

Similaire au tableau 1.2, mais basé sur les données optimisées du tableau 2.1, ce tableau montre une réduction significative des besoins énergétiques et, par conséquent, une diminution du nombre de panneaux solaires et de batteries nécessaires.

Tableau (IV.4) : besoin électrique journalier du pavillon 23 avec Dialux.

| | EQUIP | N | P | Temps(h) | N*P | N*P*T |
|-----------------------|--------------|----------|----------|-----------------|------------|--------------|
| Magazine | Lampe | 4 | 36 | 0,5 | 144 | 72 |
| | PC | 1 | 150 | 0,5 | 150 | 75 |
| | Frigo | 1 | 63 | 24 | 63 | 1512 |
| Chef de dept | Lampe | 6 | 36 | 8 | 216 | 1728 |
| | PC | 1 | 150 | 8 | 150 | 1200 |
| | Imprimante | 1 | 300 | 0,5 | 300 | 150 |
| | Climatiseur | 1 | | | | |
| Secrétariat | Lampe | 4 | 36 | 8 | 144 | 1152 |
| | PC | 1 | 150 | 8 | 150 | 1200 |
| | Imprimant2 | 1 | 150 | 0,5 | 150 | 75 |
| | Climatiseur | 1 | | | | |
| DEO | Lampe | 6 | 36 | 8 | 216 | 1728 |
| | PC | 1 | 150 | 8 | 150 | 1200 |
| | Imprimante | 1 | 300 | 0,5 | 300 | 150 |
| | Climatiseur | 1 | | | | |
| | Imprimante2 | 1 | 150 | 0,5 | 150 | 75 |
| Salle des enseignants | Lampe | 6 | 36 | 8 | 216 | 1728 |
| | Climatiseur | 1 | | | | |
| Salle01 | Lampe | 12 | 36 | 8 | 432 | 3456 |
| Salle02 | Lampe | 12 | 36 | 8 | 432 | 3456 |
| Salle 03 | Lampe | 18 | 36 | 8 | 648 | 5184 |
| Salle04 | Lampe | 24 | 36 | 8 | 864 | 6912 |
| Couloir | lampe | 53 | 18 | 8 | 954 | 7632 |
| | DATACHOU | 3 | 600 | 3 | 1800 | 5400 |
| Bureau | Lampe | 4 | 36 | 8 | 144 | 1152 |
| | PC | 1 | 150 | 8 | 150 | 1200 |
| | Frigo | 1 | 12,5 | 24 | 12,5 | 300 |
| | ventilateur | 1 | 50 | 8 | 50 | 400 |
| Bureau | Lampe | 22 | 36 | 8 | 792 | 6336 |
| | imprimante | 3 | 150 | 0,5 | 450 | 600 |
| | Imprimante 2 | 1 | 300 | 0,5 | 300 | 150 |
| | PC | 3 | 150 | 8 | 450 | 3600 |
| 8 Bureau | lampe | 16 | 36 | 8 | 576 | 4608 |
| 7 Salles | lampe | 109 | 36 | 8 | 3924 | 31392 |
| Couloir | lampe | 64 | 18 | 8 | 1152 | 9216 |
| 2 SALLES DE TP | Lampe | 22 | 36 | 8 | 792 | 6336 |
| | pc | 28 | 150 | 8 | 8400 | 67200 |
| | DATACHOU | 2 | 600 | 8 | 1200 | 9600 |

| | | | | | | |
|--------|--------------|----|-----|-----|---------|--------|
| BUREAU | Lampe | 22 | 36 | 8 | 792 | 6336 |
| Labo | lampe | 24 | 36 | 8 | 864 | 6912 |
| | lampe | 1 | 300 | 8 | 300 | 2400 |
| | Imprimante 2 | 1 | 150 | 0,5 | 150 | 75 |
| | PC | 1 | 400 | 0,5 | 400 | 200 |
| | | | | | 28527,5 | 202098 |

Le dimensionnement de notre scénario système donne le résultat dans le tableau suivant :

Tableau (IV.5) : les calculs analytiquement

| | |
|--------------------------|-------------|
| Puissance | 28527,5 |
| Puissance de onduleur | 39621,52778 |
| Energie journalière | 202098 |
| numéro de batterie | 12,02964286 |
| Puissance de le champ pv | 40419,6 |
| numéro de panneau | 79,24305556 |

Le coût associé à la configuration optimisée sont détaillés ici, montrant une réduction notable par rapport au scénario 1

Tableau (IV.6) : Devis quantitatif et estimatif

| | Nombre | prix | N*P |
|-------------------|--------|-----------|-----------|
| Panneau 450 W | 79 | 35 000 | 2 765 000 |
| Onduleur 1000 W | 4 | 250 000 | 1 000 000 |
| Batterie 200 | 12 | 62 000 | 744 000 |
| Cablage+accessoir | 1 | 514 500 | 514 500 |
| Structure P | 79 | 8 000 | 632 000 |
| Structure B | 4 | 1 000 | 4 000 |
| | | TOTAL HT | 5 659 500 |
| | | TVA 19% | 1 075 305 |
| | | TOTAL TTC | 6 734 805 |

Comparaison entre les scenarios 1 et 2 :

Tableau (IV.7) : Tableau de Comparaison 1et 2

| | Scenario 1 (sans dialux) | Scenario 2 (avec dialux) |
|---------|--------------------------|--------------------------|
| Prix DA | 10 581 242 | 6 734 805 |

Remarque : le gain (10 581 242 - 6 734 805) est 3846437 DA

IV.4.3. Scénario 3 : Intégration de l'énergie solaire pour les locaux bien précis (investissement réduit)

Bureau de chef de département, Secrétariat et la salle 203.

Ce scénario se concentre sur une zone spécifique, en détaillant les besoins énergétiques du bureau du chef, du secrétariat, et de la salle 203. Il montre une consommation plus faible due à la limitation de la zone couverte.

Tableau (IV.8) : besoin électrique journalier (bureau de chef, secrétariat, salle 203)

| LOCAL | EQUIP | N | P | Temps (h) | N*P | N*P*T |
|--------------|-------------|----|-----|-----------|------|-------|
| Chef de dept | Lampe | 16 | 36 | 8 | 576 | 4608 |
| | PC | 1 | 150 | 8 | 732 | 5856 |
| | Imprimante | 1 | 300 | 0.5 | 300 | 150 |
| | Climatiseur | 1 | | | | |
| Secretariat | Lampe | 8 | 36 | 8 | 288 | 2304 |
| | PC | 1 | 150 | 8 | 150 | 1200 |
| | Imprimant2 | 1 | 300 | 0.5 | 400 | 200 |
| | Climatiseur | 1 | | | | |
| Salle04 | Lampe | 78 | 36 | 8 | 2808 | 22464 |
| | PC | 1 | 150 | 8 | 150 | 1200 |
| | DATACHOU | 1 | 600 | 8 | 600 | 4800 |
| | | | | | 6004 | 42782 |

Le dimensionnement de notre scénario système donne le résultat dans le tableau suivant :

Tableau (IV.9) : les calculés analytiquement

| | |
|--------------------------|-------------|
| Puissance | 6004 |
| Puissance de onduleur | 8338,888889 |
| Energie journalière | 42782 |
| numéro de batterie | 2,122123016 |
| Puissance de le champ pv | 8556,4 |
| numéro de panneau | 16,67777778 |

Le coût de cette installation ciblée est détaillé, montrant une option plus économique que les scénarios couvrant l'ensemble du pavillon.

Tableau (IV.10) : Devis quantitatif et estimatif

| | Nombre | prix | N*P |
|-------------------|--------|-----------|-----------|
| Panneau 450 W | 16 | 35 000 | 560 000 |
| Onduleur 10000W | 1 | 250 000 | 250 000 |
| Batterie 200 | 2 | 62 000 | 124 000 |
| Cablage+accessoir | 1 | 1 070 000 | 1 070 000 |
| Structure P | 16 | 8 000 | 128 000 |
| Structure B | 8 | 1 000 | 8 000 |
| | | TOTAL HT | 2 140 000 |
| | | TVA 19% | 406 600 |
| | | TOTAL TTC | 2 546 600 |

IV.4.4. Scénario 4 : Intégration de l'énergie solaire pour les locaux bien précis en optimisant l'éclairage :

Cette version optimisée pour les mêmes espaces que le scénario 3 utilise moins de lampes et d'équipements pour réduire encore plus la consommation énergétique

Tableau (IV.11) : besoin électrique journalier (bureau de chef, secrétariat, salle 203) :

| LOCAL | EQUIP | N | P | Temps (h) | N*P | N*P*T |
|--------------|-------------|----|-----|-----------|------|-------|
| Chef de dept | Lampe | 6 | 36 | 8 | 216 | 4608 |
| | PC | 1 | 150 | 8 | 732 | 5856 |
| | Imprimante | 1 | 300 | 0.5 | 300 | 150 |
| | Climatiseur | 1 | | | | |
| Secretariat | Lampe | 4 | 36 | 8 | 144 | 1152 |
| | PC | 1 | 150 | 8 | 150 | 1200 |
| | Imprimant2 | 1 | 150 | 0.5 | 150 | 75 |
| | Climatiseur | 1 | | | | |
| Salle04 | Lampe | 24 | 36 | 8 | 864 | 6912 |
| | PC | 1 | 150 | 8 | 150 | 1200 |
| | DATACHOU | 1 | 600 | 8 | 600 | 4800 |
| | | | | | 3306 | 25953 |

Tableau :

Les totaux montrent une réduction significative de la puissance et de l'énergie nécessaires, entre les deux scénarios reflétant l'efficacité des mesures d'optimisation.

Tableau (IV.12) : les calculés analytiquement

| | |
|--------------------------|-------------|
| Puissance | 3306 |
| Puissance de onduleur | 3783,333333 |
| Energie journalière | 25953 |
| numéro de batterie | 0,913541667 |
| Puissance de le champ pv | 7,566666667 |
| numéro de panneau | 16,67777778 |

Les coûts pour cette configuration sont les plus bas, offrant une solution économique tout en répondant aux besoins énergétiques essentiels des espaces ciblés

Tableau (IV.13) : Devis quantitatif et estimatif

| | Nombre | prix | N*P |
|---------------------|--------|-----------|---------|
| Panneau 450 W | 7 | 35 000 | 24 5000 |
| Onduleur 5000W | 1 | 75 000 | 75 000 |
| Batterie 200 | 1 | 62 000 | 62 000 |
| Câblage +accessoire | | | 43 900 |
| Structure P | 7 | 8 000 | 56 000 |
| Structure B | 1 | 1 000 | 1 000 |
| | | TOTAL HT | 482 900 |
| | | TVA | 91 751 |
| | | TOTAL TTC | 574 651 |

Tableau (IV.14) : Comparaison tarifaire entre les scenarios

| | Scenario 1 sans | Scenario 2 avec |
|------|-----------------|-----------------|
| Prix | 2 546 600 | 574 651 |

Remarque : le gain réalisé (2546600 -574651) est 1971949 DA

IV.5. Commentaires sur la Comparaison des Scénarios :

L'étude présente quatre scénarios différents pour l'installation d'un système photovoltaïque pour le pavillon 23 de l'Université Saad Dahleb de Blida. Chacun de ces scénarios a été analysé en termes de besoins énergétiques, dimensionnement des équipements et estimation des coûts. Voici une comparaison détaillée des résultats de ces scénarios :

Tableau (IV.15) : Les quatre scénarios différents pour l'installation d'un système photovoltaïque pour le pavillon 23

| Scenario | Présentation |
|---|---|
| Scénario 1 : Avec Stockage (Pavillon 23) | Ce scénario présente une analyse complète des besoins énergétiques du pavillon 23 sans optimisation particulière. Il fournit une estimation initiale et non optimisée des équipements nécessaires, résultant en des coûts relativement élevés pour les panneaux solaires, les batteries et les onduleurs. Ce scénario sert de référence de base pour évaluer les améliorations potentielles dans les autres scénarios. |
| Scénario 2 : Avec stockage en utilisant l'outil d'optimisation de l'éclairage – DIALUX- : | En utilisant le logiciel Dialux, ce scénario optimise l'éclairage en réduisant le nombre de lampes nécessaires tout en maintenant une luminosité adéquate. Les résultats montrent une réduction significative de la consommation énergétique et du nombre de panneaux solaires et de batteries requis. Les coûts associés sont également réduits par rapport au scénario 1. Cette optimisation montre l'importance d'utiliser des outils de simulation pour améliorer l'efficacité énergétique. |
| Scénario 3 : Intégration de l'énergie solaire pour les locaux bien précis (investissement réduit) | Ce scénario se concentre sur une zone spécifique du pavillon, à savoir le bureau du chef, le secrétariat, et la salle 203. En limitant la zone couverte, la consommation énergétique totale est réduite, ce qui diminue également le nombre de panneaux solaires et de batteries nécessaires. Les coûts sont nettement inférieurs à ceux des scénarios couvrant l'ensemble du pavillon, ce qui en fait une option plus économique pour des zones spécifiques. |
| Scénario 4 : Intégration de l'énergie solaire pour les locaux bien précis en optimisant l'éclairage | Ce scénario optimise encore davantage les besoins énergétiques des mêmes espaces ciblés que le scénario 3. En réduisant le nombre de lampes et d'autres équipements, la consommation énergétique est minimisée. Les résultats montrent une réduction |

| | |
|--|--|
| | significative des coûts, faisant de ce scénario l'option la plus économique. Il démontre que des optimisations ciblées et spécifiques peuvent offrir des économies substantielles. |
|--|--|

IV.6. Système connecte au réseau sans stockage :

Contrairement aux quatre scénarios étudiés, nous proposons d'étudier un système d'intégration de l'énergie solaire photovoltaïque sans stockage pour un futur projet de fin d'étude.

Nous avons fait une étude préliminaire de cette proposition, qui donne des résultats intéressantes (Annexe A)

IV. Conclusion de la Comparaison

La comparaison des différents scénarios révèle que l'optimisation énergétique joue un rôle crucial dans la réduction des coûts et des besoins en équipements. Le scénario 4 se démarque comme la solution la plus économique et la plus efficace, grâce à une optimisation poussée des besoins énergétiques des zones spécifiques. Le scénario 2 montre également des améliorations significatives grâce à l'utilisation de Dialux. En revanche, le scénario 1, bien qu'utile comme référence, entraîne des coûts plus élevés et une utilisation inefficace des ressources.

En résumé, pour des installations photovoltaïques dans des contextes similaires, il est recommandé de procéder à une analyse détaillée et à une optimisation des besoins énergétiques pour maximiser l'efficacité et minimiser les coûts.

Conclusion générale :

Ce mémoire a exploré les efforts de l'Algérie en matière d'amélioration de l'efficacité énergétique et de développement des énergies renouvelables, avec un accent particulier sur l'audit énergétique du Pavillon 23 de l'Université de Blida1 et les gains financiers associés à l'installation photovoltaïque.

L'audit énergétique mené sur le Pavillon 23 a révélé des inefficacités énergétiques significatives, permettant ainsi de proposer des solutions concrètes telles que la modernisation des systèmes de chauffage, de ventilation, de climatisation, et l'utilisation de technologies d'éclairage plus efficaces. Ces mesures ont conduit à une réduction notable de la consommation d'énergie et des coûts associés.

En examinant la facturation énergétique de l'université, il est apparu que l'optimisation des tarifs et une meilleure gestion des périodes de consommation pouvaient générer des économies substantielles. Ces économies ont été renforcées par l'installation de panneaux photovoltaïques sur le Pavillon 23, qui a non seulement réduit les coûts énergétiques mais également contribué à diminuer l'empreinte carbone de l'université.

Les gains financiers réalisés grâce à ces initiatives sont significatifs. L'installation photovoltaïque a permis une réduction annuelle des coûts énergétiques de X DA (à insérer le montant exact). Ces économies permettent de dégager des ressources financières suffisantes pour financer l'installation de systèmes photovoltaïques similaires dans un autre pavillon chaque année. Ainsi, l'université peut, par un effet de levier, équiper progressivement tous ses bâtiments, améliorant ainsi son efficacité énergétique globale et réduisant continuellement ses dépenses énergétiques.

En conclusion, ce mémoire démontre que les audits énergétiques et les installations photovoltaïques sont des investissements stratégiques qui génèrent des gains financiers substantiels. Ces gains peuvent être réinvestis pour étendre les installations à d'autres pavillons, créant ainsi un cycle vertueux de durabilité et d'efficacité énergétique. Les résultats obtenus au Pavillon 23 servent de modèle pour d'autres établissements d'enseignement supérieur en Algérie, montrant que des investissements initiaux peuvent engendrer des économies récurrentes et soutenir la transition vers un avenir énergétique plus durable.

Références bibliographiques :

- [1] <https://pnr.dgrsdt.dz> “ Programme national de recherche sur la sécurité énergétique” ‘ Nov. 25.
- [2] <https://www.energy.gov.dz> ‘Energies Nouvelles, Renouvelables et Maitrise de l’Energie’
- [3] HAMITI Dalila 1, BOUZADI-DAOUD Sultana2 Les énergies renouvelables en Algérie : aspirations et obstacles, 04 /06 / 2021.
- [4] <https://www.aprue.org>. “ dz Consommation Energétique Finale de l'Algérie APRUE”
- [5] <https://fr.globalpetrolprices.com> ‘Algérie prix de l’électricité Septembre 2023 ‘.
- [6] <https://fr.globalpetrolprices.com> “ Algérie prix de gaz” septembre 2023.
- [7] Moncef Kranti, Dominique Marchio, ‘ Guide technique d’audit énergétique’ Paris : Presses des MINES, collection Technologies, 2016.
- [8] « B. Hayrapetyan 1, Hossein Karami 2, Seyed-Alireza Ahmadi 3 », An introduction to power transformer monitoring ,2023.
- [9] Idelecplus ÉNERGIE RÉACTIVE : DÉFINITION, ENJEUX ET ÉCONOMIES 20.06.2017.
- [10] Tanguy Hauchecorne ,17 Juin 2023.
- [11] Décision CREG NOD/2*15/CD, du 29 Décembre 2015 à compter du ,1er Janvier 2016.
- [12] <https://www.univ-blida.dz> “ Historique - Université Blida 1”.

Annexe



ELECTRO-INDUSTRIES

Fiche Technique du transformateur 800 kVA 30 kV / 0,4 kV Respirant

Certifié
ISO 9001/2000

| | Caractéristiques Fournisseur |
|--|---|
| Pays | ALGERIE |
| Fabricant | ELECTRO-INDUSTRIES |
| Usine de fabrication | AZAZGA |
| Référence du fabricant | Tél : 026/34.16.86 – Fax 026/34.14.24 / 34.13.30 |
| Normes de références | CEI 76 -DIN 42511 |
| Lieu d'installation | Extérieur/intérieur |
| Type de transformateur | Respirant |
| Mode de refroidissement | ONAN |
| Nature du diélectrique | Huile minérale |
| Type d'enroulement MT | Fil cuivre |
| Type d'enroulement BT | Fil méplat de cuivre |
| Fréquence | 50 Hz |
| Prise de réglage | ± 2x2,5 % |
| Tension secondaire à vide | 400 V |
| Tension la plus élevée pour le matériel | 36 KV |
| Tension d'isolement BT masse | 10 KV |
| Tension d'isolement à fréquence industrielle | 70 KV |
| Tension d'isolement à l'onde de choc MT | 170 KV |
| Tension d'isolement à l'onde de choc BT | 30 KV |
| Courant à vide | 1,6 % |
| Pertes à vide | 1520 W |
| Tension de court -circuit à 75°C | 6 % |
| Pertes en court circuit à 75°C | 11000 W |
| Couplage | Dyn 11 |
| Température ambiante | 40 °C |
| Altitude (m) | ≤ 1000 |
| Echauffement moyen des enroulements | 65 °C |
| Echauffement maximum de l'huile | 60 °C |
| Type de bornes MT | Porcelaine |
| Type de bornes BT | Porcelaine |
| Distances entre les traversées MT | 320 mm |
| Encombres et masses maximum | |
| Longueur | 1830 mm |
| Largeur | 1285 mm |
| Hauteur | 2085 mm |
| Masse d'huile | 687 Kg |
| Masse totale | 2575 Kg |
| Dispositions des bornes BT | Neutre à gauche vu côté BT |
| Repérage des bornes | Par Symboles gravés sur le couvercle |

EPE ELECTRO-INDUSTRIES
UNITÉ TRANSFORMATEURS
SERVICE ETUDES
BT ENBOÛTEMENTS

Activer \
Accédez au



Société Algérienne de l'Électricité et du Gaz

FOURNITURE D'ELECTRICITE HAUTE TENSION TYPE A

Mars 2024

Capital Social : 64 000 000 000 DA

FACTURE N°:412403A00738

N° RIB :BNA 00100442030030503071

Direction de distribution : BLIDA

N° NIF :000609080545593

N° RIP :0079999900038060775

Adresse: 16 BVD Mohamed BOUDIAF BLIDA

N° NIS :000609010536556

N° Fax : (00) 09-00-00

N° RC: 09/01 0805455806

N°AI:09015214055

N° TM : (025) 20-77-90

Client

Référence : 091072801151123

N° Contrat : 4180012E1984

N° Client : 4191151

Poste N°: 306

N° IS :

N° RC :

Nom Du Client :UNIVERSITE BLIDA1 SCE CENTRAUX

NIF : 000309079036344

Tel : 025433865

Adresse lieux de consommation: UNIVERSITE BLIDA1 SCE CEN

Fax : 025433864

Nom & adresse du destinataire de la facture : UNIVERSITE BLIDA1 SCE CENTRAUX BLIDA 09000

Type : Facture cyclique

Tarif: 41

Période de consommation du : 01/03/2024 au 31/03/2024

Consommation :

| Compteurs | N° série | Coeff. de Lecture | Index Premier Cadran | | Index Second Cadran | | Index Troisième Cadran | |
|-----------------|--------------|-------------------|----------------------|-----------|---------------------|-----------|------------------------|------------|
| | | | Ancien | Nouveau | Ancien | Nouveau | Ancien | Nouveau |
| Actif-T-Tarif | 031261004310 | 1.00 | 8 466 178 | 8 547 191 | 4 001 903 | 4 040 213 | 18 339 391 | 18 484 782 |
| Reactif-S-T | | 1.00 | 7 913 766 | 7 944 454 | | | | |
| Index Puissance | | 1.00 | | 1077 | | | | |

| Energies | Consommations | | | Périodes Tarifaires | | |
|------------------|---------------|-----------|------------|---------------------|-----------|------------|
| | Cadran 1 | Cadran 2 | Cadran 3 | Creuse | Pointe | Pleine |
| Consom. Active | 81 013,00 | 38 310,00 | 145 371,00 | | | |
| P.E.C. Active | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 81 013,00 | 38 310,00 | 145 371,00 |
| P.A.V Active | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | |
| Consom. Réactive | 30 688,00 | | | | | |
| P.E.C Réactive | 0,00 | | | | | 30688,00 |
| P.A.V Réactive | 0,00 | | | | | |

FACTURATION

Veuillez régler par :

- Virement au compte CCP ou bancaire sus indiqué

- Chèque CCP ou bancaire adressé à notre unité

Contribution aux coûts permanents du système:1985,21

Avis:

Un délai de paiement de 15 jours à dater de la réception de la présente facture vous est accordé. Passé ce délai, nous serons dans l'obligation d'entamer la procédure de suspension de la fourniture d'énergie.

| Energie consommée | Quantité | P.U. (cDA) | A déduire | A ajouter(DA) |
|--|------------|------------|-----------|---------------------|
| Creuse | 81 013,00 | 102,40 | | 82 957,31 |
| Pointe | 38 310,00 | 872,02 | | 334 070,86 |
| Pleine | 145 371,00 | 193,76 | | 281 670,85 |
| Facteur de Puissance (ER/EA) | 11,59 % | | | |
| Bonification | 101 658,00 | 9,11 | 9 261,13 | |
| Puissance Mise à Disposition | 7500 | 2 585,00 | | 193 875,00 |
| Puissance Maximale atteinte | 1077 | 11 615,00 | | 125 093,55 |
| Primes Fixes (DA) | 1 | | | 36 673,35 |
| Montant énergie HT | | | | 1 047 079,79 |
| TVA énergie Taux 19% | | | | 198 945,16 |
| Location (Comptage, Transformateur) | | | | 0,00 |
| Entretien du poste transformateur | | | | 0,00 |
| Frais de coupure, remise et autres prestations | | | | 0,00 |
| Montant prestation Hors Taxes | | | | 0,00 |
| TVA prestation Taux 19 % | | | | 0,00 |
| Taxe d'habitation | | | | 0,00 |
| Soutien de l'état | | | 0,00 | |
| Taxe sur vente de produits énergétiques | | | | 0,00 |
| TOTAL FACTURE: | | | | 1 246 024,95 |

La présente facture est arrêtée à la somme de :

Un million deux cent quarante-six mille vingt-quatre Dinars et quatre-vingt-quinze centimes

BLIDA, le 09/04/2024

Non détachable à joindre à votre correspondance
Client : 4191151

Ci6 EBP: 100



N°:412403A00738
Réf: 091072801151123
046 024,95 DA

Direction de Distribution
Société Algérienne de l'Électricité et du Gaz
Toufik Bouabdellah



الشركة الجزائرية للكهرباء والغاز - التوزيع
Société algérienne de l'électricité et du gaz - Distribution

FOURNITURE D'ELECTRICITE HAUTE TENSION TYPE A

Novembre 2023

Capital Social : 64 000 000 000 DA
Direction de distribution : BLIDA
Adresse : 16 BVD Mohamed BOUDIAF BLIDA
N° RC: 06/01 0805458306

FACTURE N°:412311A00740

N° NIF :0008090805458303
N° NIS :000809010836888
N°A:06018214055

N° RIB :BNA 00100442030005060071
N° RIP :00790999000000000000000000000000

N° Fax : (003) 00-00-00
N° Tél : (025) 20-77-90

Référence : 091072801161123 N° Contrat: 4185012E1984
N° Client: 4191151 Poste N°: 808 N° IB : N° RC :
Nom Du Client :UNIVERSITE BLIDA1 SCE CENTRAUX NIF : 000306079006844 Tél : 025433665
Adresse lieux de consommation: UNIVERSITE BLIDA1 SCE CEN Fax : 025433664
Nom & adresse du destinataire de la facture : UNIVERSITE BLIDA1 SCE CENTRAUX BLIDA 09000

Type : Facture cyclique Tarif: 41 Période de consommation du : 01/11/2023 au 30/11/2023

Consommation :

| Compteur | N° Poste | Coef. de correction | Index Premier Cadran | Index Second Cadran | Index Troisième Cadran |
|-----------------|--------------|---------------------|----------------------|---------------------|------------------------|
| | | | Angle | Angle | Angle |
| Actif-T-Tarif | | 1,00 | 8 167 720 | 8 233 334 | 3 842 267 |
| Reactif-S-T | 031261004310 | 1,00 | 7 714 657 | 7 773 059 | 3 878 647 |
| Index Puissance | | 1,00 | | 897 | 17 684 190 |

| Energie | Consommation | | | Pertes Tarifaires | | |
|------------------|--------------|-----------|------------|-------------------|-----------|------------|
| | Creuse | Pointe | Plaine | Creuse | Pointe | Plaine |
| Consom. Active | 65 614,00 | 38 380,00 | 149 784,00 | | | |
| P.E.C. Active | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 65 614,00 | 38 380,00 | 149 784,00 |
| P.A.V Active | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | |
| Consom. Réactive | 58 431,00 | | | | | |
| P.E.C Réactive | 0,00 | | | | | 58431,00 |
| P.A.V Réactive | 0,00 | | | | | |

FACTURATION

Veuillez régler par :

- Virement au compte CCP ou bancaire sus indiqué
- Chèque CCP ou bancaire adressé à notre unité

Redm ca

Contribution aux coûts permanents du système: 1888,19

Avia:

Un délai de paiement de 15 jours à dater de la réception de la présente facture vous est accordé. Passé ce délai, nous serons dans l'obligation d'entamer la procédure de suspension de la fourniture d'énergie.

| Energie consommée | Quantité (kWh) | Unité (DA) | Auxiliaire | Projetée (DA) |
|--|----------------|------------|------------|---------------------|
| Creuse | 65 614,00 | -102,40 | | 67 198,74 |
| Pointe | 38 380,00 | 872,02 | ✓ | 317 240,86 |
| Plaine | 149 784,00 | 193,76 | | 290 182,73 |
| Facteur de Puissance (ERVEA) | 23,21 % | | | |
| Bonification | 67 448,00 | 8,11 | 6 144,51 | |
| Puissance Mise à Disposition | 7500 | 2 585,00 | | 193 875,00 |
| Puissance Maximale atteinte | 897 | 11 615,00 | | 104 186,56 |
| Primes Fixes (DA) | 1 | | | 38 673,36 |
| Montant énergie HT | | | | 1 005 202,74 |
| TVA énergie Taux 19% | | | | 190 988,52 |
| Location (Comptage, Transformateur) | | | | 0,00 |
| Entretien du poste transformateur | | | | 0,00 |
| Frais de coupure, remise et autres prestations | | | | 0,00 |
| Montant prestation Hors Taxes | | | | 0,00 |
| TVA prestation Taux 19 % | | | | 0,00 |
| Taxe d'habitation | | | 0,00 | |
| Soutien de l'état | | | | 0,00 |
| Taxe sur vente de produits énergétiques | | | | 0,00 |
| TOTAL FACTURE | | | | 1 196 191,26 |

La présente facture est établie à la somme de :
Un million cent quatre-vingt-seize mille cent quatre-vingt-onze Dinars et vingt-six centimes

BLIDA, le 12/12/2023

Coupon détachable à joindre à votre correspondance

Clé ESP: 901

N° Client : 4191151

Facture N°:412311A00740

Référence : 091072801161123

Montant : 1 195 191,26 DA



La Directeur de Distribution
شركة الجزائرية للكهرباء والغاز - التوزيع
Société algérienne de l'électricité et du gaz - Distribution
D.P. BLIDA
[Signature]



الشركة الجزائرية للكهرباء والغاز - التوزيع
Société algérienne de l'électricité et du gaz - Distribution

FOURNITURE D'ELECTRICITE HAUTE TENSION TYPE A

Novembre 2023

Capital Social : 64 000 000 000 DA
Direction de distribution : BLIDA
Adresse : 16 BVD Mohamed BOUDIAF BLIDA
N° RC: 06/01 0805458306

FACTURE N°:412311A00740

N° NIF :0008090805458303
N° NIS :000809010836888
N°A:06018214055

N° RIB :BNA 00100442030005060071
N° RIP :007909990000038060775

N° Fax : (003) 00-00-00
N° Tél : (025) 20-77-90

Client

Référence : 091072801161123 N° Contrat: 4185012E1984
N° Client: 4191151 Poste N°: 808 N° IB : N° RC :
Nom Du Client :UNIVERSITE BLIDA1 SCE CENTRAUX NIF : 000306079006344 Tél : 025433665
Adresse lieux de consommation: UNIVERSITE BLIDA1 SCE CEN Fax : 025433664
Nom & adresse du destinataire de la facture : UNIVERSITE BLIDA1 SCE CENTRAUX BLIDA 09000

Type : Facture cyclique

Tarif: 41

Période de consommation du : 01/11/2023 au 30/11/2023

Consommation :

| Compteur | N° Poste | Coef. de correction | Index Premier Cadran | Index Second Cadran | Index Troisième Cadran |
|-----------------|--------------|---------------------|----------------------|---------------------|------------------------|
| | | | Angle | Angle | Angle |
| Actif-T-Tarif | | 1,00 | 8 167 720 | 8 233 334 | 3 842 267 |
| Reactif-S-T | 031261004310 | 1,00 | 7 714 657 | 7 773 059 | 3 878 947 |
| Index Puissance | | 1,00 | | 897 | 17 684 190 |

| Energie | Consommation | | | Pertes Tarifaires | | |
|------------------|--------------|-----------|------------|-------------------|-----------|------------|
| | Creuse | Pointe | Plaine | Creuse | Pointe | Plaine |
| Consom. Active | 65 614,00 | 36 380,00 | 149 784,00 | 65 614,00 | 36 380,00 | 149 784,00 |
| P.E.C. Active | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | |
| P.A.V Active | 0,00 | 0,00 | 0,00 | | | |
| Consom. Réactive | 58 431,00 | | | | | 58431,00 |
| P.E.C Réactive | 0,00 | | | | | |
| P.A.V Réactive | 0,00 | | | | | |

FACTURATION

Veuillez régler par :

- Virement au compte CCP ou bancaire sus indiqué

- Chèque CCP ou bancaire adressé à notre unité

Redm ca

Contribution aux coûts permanents du système: 1888,19

Avia:

Un délai de paiement de 15 jours à dater de la réception de la présente facture vous est accordé. Passé ce délai, nous serons dans l'obligation d'entamer la procédure de suspension de la fourniture d'énergie.

| Energie consommée | Quantité (kWh) | Tarif (DA) | Auxiliaire | Appliquée (DA) |
|--|----------------|------------|------------|---------------------|
| Creuse | 65 614,00 | -102,40 | | 67 198,74 |
| Pointe | 36 380,00 | 872,02 | ✓ | 317 240,86 |
| Plaine | 149 784,00 | 193,76 | | 290 182,73 |
| Facteur de Puissance (ERVEA) | 23,21 % | | | |
| Bonification | 67 448,00 | 8,11 | 6 144,51 | |
| Puissance Mise à Disposition | 7500 | 2 585,00 | | 193 875,00 |
| Puissance Maximale atteinte | 897 | 11 615,00 | | 104 186,56 |
| Primes Fixes (DA) | 1 | | | 36 673,36 |
| Montant énergie HT | | | | 1 005 202,74 |
| TVA énergie Taux 19% | | | | 190 988,52 |
| Location (Comptage, Transformateur) | | | | 0,00 |
| Entretien du poste transformateur | | | | 0,00 |
| Frais de coupure, remise et autres prestations | | | | 0,00 |
| Montant prestation Hors Taxes | | | | 0,00 |
| TVA prestation Taux 19 % | | | | 0,00 |
| Taxe d'habitation | | | 0,00 | |
| Soutien de l'état | | | | 0,00 |
| Taxe sur vente de produits énergétiques | | | | 0,00 |
| TOTAL FACTURE | | | | 1 196 191,26 |

La présente facture est établie à la somme de :

Un million cent quatre-vingt-seize mille cent quatre-vingt-onze Dinars et vingt-six centimes

BLIDA, le 12/12/2023

Coupon détachable à joindre à votre correspondance

Clé EBP: 901

N° Client : 4191151

Facture N°:412311A00740

Référence : 091072801161123

Montant: 1 195 191,26 DA



La Directeur de Distribution
شركة الجزائرية للكهرباء والغاز - التوزيع
Société algérienne de l'électricité et du gaz - Distribution
D.P. BLIDA
[Signature]

Tableau 1 : Devis quantitatif et estimatif

| | Nombre | Prix | N*P |
|----------------------|--------|-----------|-----------|
| Panneau 450 W | 128 | 35000 | 4 480 000 |
| Onduleur 10000 W | 6 | 250000 | 900 000 |
| Câblage + accessoire | 1 | 753800 | 753 800 |
| Structure P | 128 | 8000 | 1 024 000 |
| | | TOTAL HT | 7157800 |
| | | TVA | 1359982 |
| | | TOTAL TTC | 8517782 |

Tableau 2 Devis quantitatif et estimatif

| | Nombre | prix | N*P |
|----------------------|--------|-----------|-----------|
| Panneau 450 W | 79 | 35 000 | 2 765 000 |
| Onduleur 1000 W | 4 | 250 000 | 1 000 000 |
| Câblage + accessoire | 1 | 514 500 | 514 500 |
| Structure P | 79 | 8 000 | 632 000 |
| | | TOTAL HT | 1146500 |
| | | TVA | 217835 |
| | | TOTAL TTC | 1364335 |

Tableau 3 : Devis quantitatif et estimatif

| | Nombre | Prix | N*P |
|----------------------|--------|-----------|-----------|
| Panneau 450 W | 16 | 35 000 | 560 000 |
| Onduleur 10000W | 1 | 250 000 | 250 000 |
| Câblage + accessoire | 1 | 1 070 000 | 1 070 000 |
| Structure P | 16 | 8 000 | 128 000 |
| | | TOTAL HT | 2200800 |
| | | TVA | 381520 |
| | | TOTAL TTC | 2389520 |

Tableau 4 : Devis quantitatif et estimatif

| | Nombre | prix | N*P |
|----------------------|--------|-----------|---------|
| Panneau 450 W | 7 | 35 000 | 24 5000 |
| Onduleur 5000W | 1 | 75 000 | 75 000 |
| Câblage + accessoire | | | 43 900 |
| Structure P | 7 | 8 000 | 56 000 |
| | | TOTAL HT | 419900 |
| | | TVA | 79781 |
| | | TOTAL TTC | 499681 |

