

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Installations Energétiques et Turbomachines

Par :

KHELFA Idir

OUADI Meziane

Thème

**Essais de performance de groupes de turbines à gaz-
SONELGAZ Amizour -Béjaia**

Soutenu le 11/07/2022 devant le jury composé de :

M. SADAoui Djamel

Président

M. DJERRADA Abderrahmane

Rapporteur

M. ADNANI Massinissa

Examineur

Année universitaire : 2021/2022

تيعيشلا تيطار قميدلا تيرناز جلا تير وممجا

Populaire et Démocratique Algérienne République

يملعلا نحبلا ويملعلا ميلعتلا ترازو

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Déclaration sur l'honneur

Engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans l'élaboration d'un travail de recherche

Arrêté ministériel n° 1082 du 27 Décembre 2020(*)
fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat

Je soussigné,

Nom : KHELFA
Prénom : Idir
Matricule : 161633009710
Spécialité et/ou Option : Installation Energétique et Turbomachine
Département : Génie mécanique
Faculté : Technologie
Année universitaire : 2021/2022

et chargé de préparer un mémoire de (*Licence, Master, Autres à préciser*) : Master

Intitulé: Essais de performance d'une turbine à gaz mobile-FT8 centrale d'Amizour

déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requises dans l'élaboration du projet de fin de cycle cité ci-dessus.

Fait à Béjaïa le

...../...../.....

Signature de l'intéressé

(*) Lu et approuvé

.....

تبعثلا تيطار قميدلا تيرناز جلا تيروممجا

Populaire et Démocratique Algérienne République

يملعلا ثحبلا و يملعلا ميلعتلا ترازو

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Déclaration sur l'honneur

Engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans l'élaboration d'un travail de recherche

Arrêté ministériel n° 1082 du 27 Décembre 2020(*)
fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat

Je soussigné,

Nom : OUADI
Prénom : Meziane
Matricule : 161633010067
Spécialité et/ou Option : Installation Energétique et Turbomachine
Département : Génie mécanique
Faculté : Technologie
Année universitaire : 2021/2022

et chargé de préparer un mémoire de (*Licence, Master, Autres à préciser*) : Master

Intitulé: Essais de performance d'une turbine à gaz mobile-FT8 centrale d'Amizour

déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requises dans l'élaboration du projet de fin de cycle cité ci-dessus.

Fait à Béjaïa le

...../...../.....

Signature de l'intéressé

(*) Lu et approuvé

.....

Remerciements

Nous remercions Allah, le tout puissant, le miséricordieux, de nous avoir appris ce que nous ignorons, de nous avoir donné la santé et tout dont nous nécessitons pour l'accomplissement de ce travail.

Nous voudrions sincèrement exprimer nos vifs remerciements à M : DJERRADA Abderrahmane pour sa disponibilité durant toute la réalisation de ce travail, pour ses précieux conseils, orientations et critiques.

Nous adressons nos chaleureux remerciements aux membres de jury, qui nous ont fait l'honneur d'accepter de juger notre travail.

Nous remercions aussi tout le personnel de la SPE et plus particulièrement notre encadreur Mr. YAHIAOUI Nabyl qui nous a aidé et orienté toute la période du stage.

Nous souhaitons également remercier tous les enseignants ayant assuré nos cours pendant nos années d'études.

Enfin, nos remerciements vont également à nos collègues et amis de la promotion.

Sans oublier nos chers parents, frères et sœurs.

Meziane et Idir

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes chers parents, qui ont consacré leur existence à bâtir la mienne, pour leur soutien, patience et soucis de tendresse et pour tout ce qu'ils ont fait pour que je puisse arriver à ce stade.

À mes chers frères Abde rezak et Hocine pour leurs encouragements

Et soutien moral.

À mon binôme Meziane avec qui j'ai passé des moments inoubliables.

À tous mes amis.

À tous mes copains de chambre.

Idir

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À mes très chers êtres qui m'ont mis au monde et les plus chères à mes yeux et qui sont la source de ma volonté depuis mon enfance, « mes parents » : qui m'ont soutenu et orienté dans mon parcours éducatif.

À Mes chères sœurs : Sabrina et Hakima

À ma chère copine : Nedjma

À mon cher frère : Ameur

À mes amis.

À mon binôme IDIR et sa famille

Meziane

Sommaire

| | |
|--|----------|
| Remerciements | i |
| Dédicaces | ii |
| Dédicaces | iii |
| Sommaire | iv |
| Liste des figures | viii |
| Liste des tableaux | xi |
| Nomenclature | xiii |
| Introduction générale..... | 1 |
| <u>Chapitre I : présentation de la centrale d'Amizour</u> | 2 |
| | |
| I.1. Introduction..... | 2 |
| I.2. Présentation de l'entreprise Sonelgaz | 2 |
| I.3. Présentation de la centrale « Turbines à gaz » d'Amizour | 2 |
| I.4. Caractéristiques de la centrale TG d'Amizour..... | 3 |
| I.5. Consistance des installations des groupes de production | 4 |
| I.5.1. Un ensemble turbo-alternateur :..... | 4 |
| I.5.1.1. Turbine :..... | 4 |
| I.5.1.2. Un générateur de gaz GG :..... | 4 |
| I.5.1.3. Une turbine de puissance PT : | 4 |
| I.5.1.4. L'alternateur :..... | 5 |
| I.5.2. Moteur de démarrage : | 5 |
| I.5.3. Système de refroidissement de la turbine | 5 |
| I.5.4. Cabine de contrôle commande :..... | 5 |
| I.5.5. Cabinet de transformateurs de puissance :..... | 6 |
| I.5.6. Système d'alimentation en gaz-combustible : | 7 |
| I.5.7. Système d'alimentation en gasoil : | 7 |
| I.5.8. Système d'aspiration et de filtration d'air..... | 8 |
| I.5.9. Système d'échappement avec silencieux :..... | 9 |
| I.5.10. Groupes « Diesel » de secours | 10 |

| | |
|--|----|
| I.5.11. Câble de puissance et de commande..... | 10 |
| I.6. Conclusion | 10 |
| <u>Chapitre II : Etude thermodynamique</u> | 11 |
| II.1. Introduction | 11 |
| II.2. Historique d'une turbine à gaz : | 11 |
| II.3. Définition d'une turbine à gaz..... | 11 |
| II.4. Cycles thermodynamiques d'une turbine à gaz :..... | 12 |
| II.4.1. Cycles thermodynamiques idéaux | 12 |
| II.4.1.1. Cycle de Joule – Brayton ouvert..... | 12 |
| II.4.1.2. Cycle de Joule – Brayton fermé | 13 |
| II.4.1.3. Cycle de Joule – Brayton d'une turbine à gaz a deux lignes..... | 13 |
| II.4.2. Cycle réel de Brayton | 15 |
| II.5. Rendements thermiques..... | 15 |
| II.5.1. Cycle idéal | 15 |
| II.5.1.1. Calcul du rendement à partir du travail net du cycle..... | 15 |
| II.5.1.2. Calcul du rendement à partir des chaleurs du cycle | 16 |
| II.5.2. Cycle réel..... | 16 |
| II.5.2.1. Calcul du rendement à partir du travail net du cycle..... | 16 |
| II.5.2.2. Calcul du rendement à partir des chaleurs du cycle | 17 |
| II.6. Conclusion..... | 17 |
| <u>Chapitre III : Essais de performance d'une turbine à gaz</u> | 19 |
| III.1. Essais de performance d'une turbine à gaz | 19 |
| III.1.1. Introduction | 19 |
| III.1.2. Introduction aux essais de performance | 19 |
| III.1.3. Conditions de référence..... | 19 |
| III.1.4. Préparatifs et actions à réaliser avant les essais de performance | 20 |
| III.1.4.1. Préparatifs..... | 20 |
| III.1.4.2. Actions à réaliser pendant les essais de performance. | 20 |

| | |
|---|----|
| III.1.4.3. Prise d'échantillons de combustibles | 21 |
| III.1.4.4. Stabilité de l'approvisionnement en combustible | 21 |
| III.1.5. Instruments utilisés..... | 21 |
| III.1.5.1. Déviations acceptables durant les essais | 21 |
| III.1.5.2. Conditions de références | 22 |
| III.1.6. Mesures prises | 22 |
| III.1.6.1. Paramètres mesurés : | 22 |
| III.1.6.2. Paramètres nécessaires dans l'essai..... | 23 |
| III.1.6.3. Résultats corrigés d'un groupe TG..... | 23 |
| III.2. Consommation spécifique d'une turbine à gaz | 24 |
| III.2.1. Définition : | 24 |
| III.2.2. Calcul de la consommation spécifique..... | 24 |
| III.2.2.1. Débit volumique de gaz : | 24 |
| III.2.2.2. Puissance électrique nette d'un groupe TG..... | 25 |
| III.2.2.3. Puissance électrique nette corrigée d'un groupe | 25 |
| III.2.2.4. Consommation spécifique d'un groupe TG | 26 |
| III.2.2.5. Consommation spécifique corrigée d'un groupe TG | 26 |
| III.2.2.6. Résultats corrigés pour la centrale | 27 |
| III.3. Conclusion..... | 27 |
| <u>Chapitre IV : Résultats et discussion des essais de performance</u> | 29 |
| IV.1. Introduction | 29 |
| IV.2. Calcul de la consommation spécifique..... | 29 |
| IV.3. Résultats d'essais de performance durant l'année 2019 | 38 |
| IV.3.1. CSP, fonction des mois | 38 |
| IV.3.2. CSP, fonction des températures ambiantes | 43 |
| IV.3.3. CSP, fonction de puissances nettes | 49 |
| IV.4. Discussions des résultats des essais | 57 |
| IV.4.1. CSP, fonction des mois | 57 |
| IV.4.2. CSP, fonction des Températures ambiantes..... | 57 |

| | |
|--|----|
| IV.4.3. CSP, fonction des puissances nettes | 57 |
| IV.5. Comparaison des performances des groupes | 57 |
| IV.5.1. Interprétation des résultats | 58 |
| IV.6. Recommandations | 58 |
| IV.7. Conclusion | 59 |
| Conclusion générale | 60 |
| Références bibliographiques | 62 |
| ANNEXE | 63 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure I. 1: Vue d'ensemble de la centrale d'Amizour..... | 3 |
| Figure I. 2: Schéma d'une turbine à gaz..... | 4 |
| Figure I. 3: Vue de l'alternateur..... | 5 |
| Figure I. 4: Vue de la salle de commande..... | 6 |
| Figure I. 5: Vue du transformateur de puissance..... | 7 |
| Figure I. 6: Système d'alimentation en gaz naturel..... | 7 |
| Figure I. 7: Vue du système d'alimentation en gasoil..... | 8 |
| Figure I. 8: Système d'aspiration et de filtration d'air..... | 8 |
| Figure I. 9: Filtres d'air..... | 9 |
| Figure I. 10: Système d'échappement avec silencieux..... | 9 |
| Figure I. 11: Groupe Diesel de secours..... | 10 |
| | |
| Figure II. 1: Schéma d'une turbine à gaz à un seul arbre fonctionnant en cycle ouvert..... | 12 |
| Figure II. 2: Cycle de Joule – Brayton ouvert..... | 12 |
| Figure II. 3: Schéma d'une turbine à gaz à un seul arbre fonctionnant en cycle fermé..... | 13 |
| Figure II. 4: Cycle de Joule – Brayton fermé..... | 13 |
| Figure II. 5: Schéma d'une turbine à gaz à deux lignes..... | 14 |
| Figure II. 6: Cycle d'une turbine à gaz à deux lignes..... | 14 |
| Figure II. 7: Schéma d'un cycle réel..... | 15 |
| | |
| Figure IV. 1: Courbe des valeurs de CSP durant l'année 2019 pour le groupe 1..... | 38 |
| Figure IV. 2: Courbe des valeurs de CSP durant l'année 2019 pour le groupe 2..... | 39 |
| Figure IV. 3 : Courbe des valeurs de CSP durant l'année 2019 pour le groupe 3..... | 40 |
| Figure IV. 4: Courbe des valeurs de CSP durant l'année 2019 pour le groupe 4..... | 40 |
| Figure IV. 5: Courbe des valeurs de CSP durant l'année 2019 pour le groupe 5..... | 41 |
| Figure IV. 6: Courbe des valeurs de CSP durant l'année 2019 pour le groupe 6..... | 42 |
| Figure IV. 7 : Courbe de valeurs de CSP durant l'année 2019 pour le groupe 7..... | 42 |
| Figure IV. 8: Courbe des valeurs de CSP durant l'année 2019 pour le groupe 8..... | 43 |
| Figure IV. 9: Courbe des valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 1..... | 44 |

| | |
|--|----|
| Figure IV. 10: Courbe des valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 2 | 44 |
| Figure IV. 11: Courbe des valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 3 | 45 |
| Figure IV. 12: Courbe des valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 4 | 46 |
| Figure IV. 13: Courbe des valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 5 | 46 |
| Figure IV. 14: Courbe des valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 6 | 47 |
| Figure IV. 15: Courbe des valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 7 | 48 |
| Figure IV. 16: Courbe des valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 8 | 48 |
| Figure IV. 17: Courbe des valeurs de CSP en fonction des puissance nettes pour le groupe1 | 49 |
| Figure IV. 18 : Histogramme des valeurs de CSP en fonction de la puissances nette pour le groupe 1 | 49 |
| Figure IV. 19: Courbe des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 2 | 50 |
| Figure IV. 20 : Histogramme des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 2 | 50 |
| Figure IV. 21: Courbe des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 3 | 51 |
| Figure IV. 22: Histogramme des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 3 | 51 |
| Figure IV. 23: Courbe des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 4 | 52 |
| Figure IV. 24: Histogramme des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 4 | 52 |
| Figure IV. 25: Courbe des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 5 | 53 |
| Figure IV. 26: Histogramme des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 5 | 53 |
| Figure IV. 27 : Courbe des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 6 | 54 |
| Figure IV. 28: Histogramme des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 6 | 54 |
| Figure IV. 29: Courbe des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 7 | 55 |

Figure IV. 30: Histogramme des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 755

Figure IV. 31: Courbe des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 856

Figure IV. 32: Histogramme des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 856

Figure IV. 33: Histogramme de comparaison entre les valeurs de CSP des groupes durant l’essai de mois de mai 202258

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau IV. 1: Valeur de la CSP selon les valeurs mesurées..... | 30 |
| Tableau IV. 2 :Valeur de CSP corrigées aux conditions ISO | 30 |
| Tableau IV. 3: Valeur de la CSP corrigées aux conditions du site | 31 |
| Tableau IV. 4: Valeur de la CSP selon les valeurs mesurées..... | 31 |
| Tableau IV. 5: Valeur de la CSP corrigées aux conditions ISO | 32 |
| Tableau IV. 6 :Valeur de la CSP selon les valeurs mesurées..... | 33 |
| Tableau IV. 7: Valeur de la CSP corrigée aux conditions ISO | 33 |
| Tableau IV. 8: Valeur de la CSP corrigée aux conditions du site | 33 |
| Tableau IV. 9: Valeur de la CSP selon les valeurs mesurées..... | 34 |
| Tableau IV. 10: Valeur de la CSP corrigées aux conditions ISO | 34 |
| Tableau IV. 11: Valeur de la CSP corrigées aux conditions du site | 34 |
| Tableau IV. 12 :Moyenne des mesures prisé durant l’essais | 35 |
| Tableau IV. 13 : Corrections effectuées sur les mesures prises durant l’essai..... | 35 |
| Tableau IV. 14: Calcul de la valeur de la CSP..... | 36 |
| Tableau IV. 15: Valeur de la CSP selon les valeurs mesurées..... | 36 |
| Tableau IV. 16: Valeur de la CSP corrigées aux conditions ISO | 36 |
| Tableau IV. 17: Valeur de la CSP corrigées aux conditions du site | 37 |
| Tableau IV. 18: Valeur de la CSP selon les valeurs mesurées..... | 37 |
| Tableau IV. 19: Valeur de la CSP corrigées aux conditions ISO | 38 |
| Tableau IV. 20: Valeur de la CSP corrigées aux conditions du site | 38 |
| Tableau IV. 21: Valeurs de CSP durant l’année 2019 pour le groupe 1 | 38 |
| Tableau IV. 22: Valeurs de CSP durant l’année 2019 pour le groupe 2 | 39 |
| Tableau IV. 23: Valeurs de CSP durant l’année 2019 pour le groupe 3 | 39 |
| Tableau IV. 24: Valeurs de CSP durant l’année 2019 pour le groupe 4 | 40 |
| Tableau IV. 25: Valeurs de CSP durant l’année 2019 pour le groupe 5 | 41 |
| Tableau IV. 26: Valeurs de CSP durant l’année 2019 pour le groupe 6 | 41 |
| Tableau IV. 27: Valeurs de CSP durant l’année 2019 pour le groupe 7 | 42 |
| Tableau IV. 28: Valeurs de CSP durant l’année 2019 pour le groupe 8 | 43 |
| Tableau IV. 29: Valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 1 | 43 |
| Tableau IV. 30: Valeurs de CSP en fonction de la température ambiante pour le groupe 2 | 44 |
| Tableau IV. 31: Valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 3..... | 45 |

| | |
|--|----|
| Tableau IV. 32: Valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 4..... | 45 |
| Tableau IV. 33: Valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 5..... | 46 |
| Tableau IV. 34: Valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 6..... | 47 |
| Tableau IV. 35 : Valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 7..... | 47 |
| Tableau IV. 36: Valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 8..... | 48 |
| Tableau IV. 37: Valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 1 | 49 |
| Tableau IV. 38: Valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 2 | 50 |
| Tableau IV. 39: Valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 3 | 51 |
| Tableau IV. 40: Valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 4 | 52 |
| Tableau IV. 41: Valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 5 | 53 |
| Tableau IV. 42: Valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 6 | 54 |
| Tableau IV. 43 : Valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 7 | 55 |
| Tableau IV. 44 : Valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 8 | 56 |
| Tableau IV. 45: Valeurs de CSP des groupes durant 05/2022 | 57 |

Nomenclature

| Les symboles | unités |
|---|--------------------|
| AUX : Consommation auxiliaire | W |
| AUX _{communs} : Consommation électrique des auxiliaires communs | W |
| C _p : Capacité calorifique | kJ/kg |
| C : Facteur de correction pour la consommation spécifique | |
| CSP : Consommation spécifique | kcal/kWh |
| H _r : Humidité relative | % |
| K : Facteur de correction pour la puissance électrique | |
| P : La pression | bar |
| P _{BA} : Puissance alternateur | W |
| P _{BU} : Puissance usine | W |
| P _{gaz} : Masse volumique | kg/Nm ³ |
| P _{BU_{nette}} : Puissance électrique nette de la turbine à gaz | W |
| P _{BA mesurée} : Puissance Electrique mesurée | W |
| P _{BU_{nette corr}} : Puissance électrique nette corrigée | W |
| P _{BU_{corr du central}} : Puissance électrique nette corrigée de la centrale | W |
| P _{BU_{nette corr des groupes}} : Puissance électrique nette corrigée des groupes TG | W |
| P _{amb} : Pression ambiante | bar |
| Q _c : La quantité de chaleur consommé à la source chaude | kJ/kg |
| Q _f : Quantité de chaleur à la source froide | kJ/kg |
| Q _{ef} : Quantité de chaleur rejetée à la source froide | kJ/kg |
| Q _v : Débit volumique | m ³ /s |

| | |
|--|--------|
| Q_m : Débit massique | kg/s |
| T : Température | K |
| $W_{e\ net}$: Travail net | k J/kg |
| W_{comp} : Travail massique de compresseur | kJ/kg |
| $W_{e\ turbine}$: Travail fourni au milieu extérieur par la turbine | kJ/kg |

Symboles grecs

η_{isn} : Rendement isentropiques

η : Rendement

Abréviations

ONAN : huile naturellement dirigée

ODAF : huile forcément dirigée

TG : Turbine à Gaz

isn : isentropique

CSP : Consommation Spécifique

PCS : Pouvoir Calorifique Supérieur

PCI : Pouvoir Calorifique Inférieure

Introduction générale

Introduction générale

L'énergie électrique fait partie des nécessités les plus importantes dans la vie humaine et dans le domaine industriel. Mais cette énergie ne se trouve pas prête à être exploitée directement, donc nous sommes dans l'obligation de faire appel à d'autres sources d'énergie telle que le gaz, fuel, nucléaire et aussi les énergies renouvelables. Ces énergies subissent des conversions afin d'avoir le produit final de qualité qui est l'énergie électrique selon les exigences du réseau électrique.

Parmi les machines utilisées dans la production d'électricité nous citons les turbines à gaz mobiles. Ces dernières sont installées pour faire face aux besoins des consommateurs dans les régions connectées au réseau national ou dans les régions isolées. Dans ces machines thermiques, l'énergie mécanique fournie par le combustible (gaz, fuel) passe par une combustion pour créer une énergie calorifique qui va se détendre au niveau de la turbine. Cette dernière entraîne l'alternateur qui produit de l'énergie électrique.

Malgré la grande utilité des turbines à gaz dans le domaine de production d'énergie électrique, elles sont affectées par plusieurs paramètres internes et externes tels que la température ambiante, l'humidité relative et aussi l'entretien qui influence sur sa fonctionnalité et ses performances. Pour maintenir la turbine dans sa plus grande performance et assurer un rendement élevé, nous sommes dans l'obligation de suivre son comportement et son état en faisant des essais de performance périodique.

La consommation spécifique des groupes fait partie de l'un des paramètres calculés durant les essais de performance appliqués sur les turbines à gaz. Dans ce but nous allons présenter notre mémoire.

Notre travail est constitué de quatre chapitres. Nous allons présenter la centrale de production d'électricité d'Amizour où nous avons effectué notre stage de fin d'études, ses caractéristiques et la description des installations et des groupes de production. Dans le deuxième chapitre, nous irons faire une revue générale sur la thermodynamique des turbines à gaz, historique, définitions, les différents cycles et aussi les rendements thermiques. Le troisième chapitre sera consacré sur les essais de performance d'une turbine à gaz, dont nous allons citer les différentes étapes, les valeurs mesurées et présenter les lois utilisées durant le calcul de la consommation spécifique. Enfin, dans le dernier chapitre nous irons présenter les résultats de calcul de la CSP, tracer les courbes de tendances pour tous les groupes de la centrale durant une année complète et ensuite les commenter.

Chapitre I
**Présentation de la centrale
d'Amizour**

Présentation de la centrale d'Amizour

I.1.Introduction

Aujourd'hui la vie quotidienne serait inimaginable sans électricité. Il faut donc savoir la produire efficacement et en continu. Afin de répondre à la consommation croissante d'électricité, il est nécessaire d'inventer et de construire des centrales électriques capables de produire de l'électricité en grande quantité. Trois types de centrales électriques, classiques peuvent être distingués : thermique, hydraulique et nucléaire. Les centrales électriques sont des bâtiments industriels qui produisent de l'électricité. Cependant, selon le type de centrale, la manière de produire de l'électricité est différente. Les consommateurs, les particuliers et les entreprises peuvent accéder à cette énergie grâce à un réseau de distribution prévu à cet effet.

En Algérie, la société SONELGAZ a été créée en 1969 pour produire, transporter et distribuer l'énergie des centrales à usage thermique, à savoir le gaz naturel, diesel et hydraulique.

I.2.Présentation de l'entreprise Sonelgaz

Sonelgaz (Société Nationale d'Électricité et de Gaz) est un groupe industriel chargé de la production, du transport et de la distribution d'électricité et de gaz naturel en Algérie. Elle a été créée pour remplacer l'ancienne entité « Électricité et Gaz d'Algérie : EGA » de l'époque coloniale [1].

L'entreprise est formée de plusieurs filiales dont on peut citer :

- GRTE : c'est le groupe de gestion et transport d'électricité.
- GRTG : c'est le groupe de gestion et transport de gaz.
- OS : l'opérateur du système.
- SKTM : Shariket kahraba wa Taket Moutadjadida (société d'électricité et des énergies renouvelables).
- SPE : Société de Production d'électricité : elle s'occupe de la production d'électricité.

I.3.Présentation de la centrale « Turbines à gaz » d'Amizour

La centrale électrique « Turbines à gaz » que l'on désigne communément par l'abréviation « TG » est constituée de modules mobiles « tractables ». Elle est entrée en production en Avril 2013 ; elle est située à 04 km de la ville d'Amizour et à 29 km environ à l'ouest de la ville de Bejaïa, chef-lieu de la wilaya. Elle s'étale sur une superficie de 15 hectares. Cette centrale est composée de huit groupes à gaz de 20,135 MW de puissance unitaire et de quatre transformateurs de 60 MVA chacun.

Deux groupes de turbines à gaz alimentent un même transformateur. L'ensemble des transformateurs débitent sur un jeu de barre connecté au réseau national via deux têtes blindées [2].



Figure I. 1:Vue d'ensemble de la centrale d'Amizour[2]

La centrale d'Amizour est destinée à :

- Faire face à la demande d'énergie résultant de l'implantation dans la région de différents sites industriels et foyers domestiques, notamment en période de pointe (été-hiver).
- Garantir la sécurité de l'alimentation en énergie électrique de la région, particulièrement pendant la période estivale.
- Garantir un appoint au réseau national interconnecté.

I.4. Caractéristiques de la centrale TG d'Amizour

- Nombre de groupes : 08 ;
- Puissance unitaire : 20,135 MW ;
- Tension de sortie : 11,5 kV ;
- Tension d'évacuation : 220 kV ;
- Combustible utilisé : gaz naturel et fuel (secours) ;
- Evacuation de l'énergie : poste El Kseur et poste de Darguina [2].

I.5.Consistance des installations des groupes de production

La centrale est équipée de 8 groupes TG mobiles de 20,135 MW chacun, ainsi qu'un ensemble d'auxiliaires communs. Chaque groupe est composé de :

I.5.1.Un ensemble turbo-alternateur :

Comprenant :

I.5.1.1.Turbine :

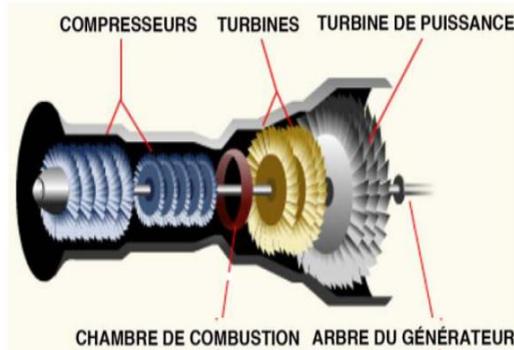


Figure I. 2:Schéma d'une turbine à gaz[2]

Chaque groupe est doté d'un turbomoteur aérodérivatif (type FT8), et comprend [2] :

I.5.1.2.Un générateur de gaz GG :

Doté de deux compresseurs et de turbines TYPE GG-3.

- Longueur totale : 330,20 cm ;
- Diamètre de l'admission : 104,14 cm ;
- Diamètre de l'échappement : 121,92 cm ;
- Poids à sec : 2 926,58 kg.

I.5.1.3.Une turbine de puissance PT :

Elle est couplée de manière aérodynamique au générateur de gaz. Celle-ci entraîne l'alternateur.

- Type : FT8-5 ;
- Quatre étages ;
- Vitesse de rotation : 3000 tr/min ;
- Poids : 6000 kg.

I.5.1.4.L'alternateur :

(Brush BDAX62-170ER), il transforme l'énergie mécanique délivrée par la turbine en énergie électrique.



Figure I. 3: Vue de l'alternateur[2]

I.5.2. Moteur de démarrage :

Le piston de démarreur reçoit du liquide et fait tourner le plateau cyclique amovible. L'embrayage à roue libre interne permet au démarreur de se désengager pendant le fonctionnement fur à mesure que le régime moteur augmente. Le démarreur à grande vitesse du rotor se désengage lorsque la vitesse est coupée jusqu'à environ 4 800 tr/min [3].

I.5.3.Système de refroidissement de la turbine

Le système de commande d'espacement de la turbine fournit de l'air de refroidissement au stator de la turbine basse pression afin d'éviter une croissance (expansion) excessive du métal lors des périodes de chauffe. Cette opération est nécessaire car le taux d'expansion du stator à paroi fine est rapide par rapport au taux d'expansion plus lent des pales de la turbine. Si le stator n'était pas refroidi, il n'y aurait plus d'espacement entre les pales et le stator et le système perdrait de l'air autour des pales. Tout ceci amoindrirait l'efficacité du système [3].

I.5.4.Cabine de contrôle commande :

Le Système de contrôle-commande, installé est conçu pour exécuter les fonctions de contrôle, d'analyse, de protection et de supervision de l'ensemble turbine- générateur.

L'exploitation est prévue soit au niveau de la station locale, soit au niveau de la salle de commande commune. Chaque unité est dotée d'un transformateur de soutirage qui assure l'alimentation du circuit des auxiliaires du groupe [4].

Caractéristiques :

- Puissance 375 kVa ;
- Couplage étoile-triangle ;
- Refroidissement naturel ;



Figure I. 4: Vue de la salle de commande[2]

I.5.5.Cabinet de transformateurs de puissance :

Le transformateur élève la tension électrique à la sortie de la centrale pour alimenter le poste électrique d'évacuation d'énergie. Deux groupes sont connectés à un transformateur élévateur de tension 11.5/220 kV.

Ce dernier est couplé au jeu de barres 220 kV via un disjoncteur combiné de sectionneurs de terre. L'ensemble est installé sur une même remorque [4].

Caractéristiques :

- Marque ABB ;
- Puissance 60 MVA ;
- Couplage : DYN11 ;
- Refroidissement : ONAN / ODAF.



Figure I. 5: Vue du transformateur de puissance[2]

I.5.6. Système d'alimentation en gaz-combustible :

Il comprend :

- Un skid (châssis) séparateur de condensat réchauffeur gaz électrique
- Un skid de détente et de régulation du gaz
- Un skid pour filtrage et comptage du gaz
- Tuyauterie flexible d'alimentation du groupe
- Une plaque combustible faisant office de support de montage pour les principaux composants du système à injection d'eau et de combustible.

Le gaz naturel est livré sur site à une pression d'environ 35 bars.



Figure I. 6: Système d'alimentation en gaz naturel[2]

I.5.7. Système d'alimentation en gasoil :

Chaque groupe est doté de :

- Une centrifugeuse pour traitement
- Une pompe de transfert
- Un skid de filtrage et comptage
- Une tuyauterie flexible d'alimentation.

Les réservoirs de stockage gasoil et tuyauterie d'alimentation ne sont pas actuellement installés.



Figure I. 7: Vue du système d'alimentation en gasoil[2]

I.5.8. Système d'aspiration et de filtration d'air

L'air nécessaire à la combustion et à la ventilation est soutiré d'un ensemble de modules qui permettent une filtration avant l'entrée du compresseur.



Figure I. 8: Système d'aspiration et de filtration d'air[2]

- Le système de filtrage est de type autonettoyant avec cartouches filtrantes.
- Deux étages de filtrage pour l'air d'admission moteur.

-Le cadre du filtre et le caisson du silencieux d'admission sont en acier galvanisé.



Figure I. 9: Filtres d'air[2]

I.5.9. Système d'échappement avec silencieux :

Chaque groupe comprend :

- Un silencieux d'échappement en trois parties pour évacuation des gaz brûlés et l'air de refroidissement du compartiment turbine.
- Deux silencieux d'échappement placés sur chaque côté du groupe pour évacuation des gaz chaud du système de refroidissement du compartiment alternateur.



Figure I. 10: Système d'échappement avec silencieux[2]

I.5.10. Groupes « Diesel » de secours

La centrale est dotée de 08 groupes électrogènes indépendants (un pour chaque groupe TG) munis de dispositifs de démarrage automatique [4].

Le groupe Diesel est utilisé pour secourir les auxiliaires de chaque turbine.

Caractéristiques :

- Marque : SDMO ;
- Moteur : VOLVO V500 ;
- Alternateur : Leroy Somer ;
- Démarrage automatique et manuel.



Figure I. 11: Groupe Diesel de secours[2]

I.5.11. Câble de puissance et de commande

Les câbles de commande et de raccordement sont nécessaires pour l'alimentation en courant des moteurs électriques [5].

I.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la centrale de production d'électricité d'Amizour, particulièrement ses caractéristiques, sa taille et sa consistance ainsi que les différents éléments constituant chaque groupe de production.

Cette présentation permettra une meilleure compréhension de la suite de nos travaux.

Chapitre II

Etude thermodynamique

Etude thermodynamique

II.1.Introduction

Les turbine à gaz ont un rôle important dans la production d'énergie électrique, ce sont des moteurs qui génèrent de la puissance mécanique. Ces dernières ont une grande importance dans la production d'électricité. Elles ont connu un développement considérable dans des multi-applications industrielles.

II.2.Historique d'une turbine à gaz :

La turbine à gaz a été inventée par l'anglais John Barber. Sa supériorité technique sur les moteurs à vapeur a été reconnue au début de 19^e siècle. Mais la méconnaissance des matériaux est interdite à l'époque pour concrétiser les espoirs placés en elles. Il a fallu attendre 1904 pour que Franz Stolze développe une turbine à gaz capable de fonctionner, mais ne délivrant encore aucune puissance utile. Le brevet de Mennons décrit une turbine à gaz dont la conception se rapproche des turbines à gaz modernes à circuit ouvert. Cette turbine contient un compresseur centrifuge, une turbine radiale d'un seul étage et une chambre de combustion.

Le brevet de Parsons qui est le premier à permettre l'utilisation d'un compresseur et d'une turbine comportant plusieurs étages. Une étape importante dans la réalisation des turbines à gaz a été constituée par Armengaud et Lemale, faite par la société des turbomoteurs à Paris qui permet pour la première fois l'entraînement de son compresseur à une vitesse normale [6].

II.3.Définition d'une turbine à gaz

Râteau a défini la turbine à gaz comme un appareil dans laquelle se passe un échange d'énergie. Une turbine à gaz, ou bien une turbine à combustion fait partie de la famille des moteurs à combustion interne. Il joue un rôle majeur dans la production de l'énergie mécanique.

La turbine à gaz est formée essentiellement de :

- Un compresseur.
- Une chambre de combustion.
- Une turbine [7].

II.4.Cycles thermodynamiques d'une turbine à gaz :

II.4.1.Cycles thermodynamiques idéaux

II.4.1.1.Cycle de Joule – Brayton ouvert

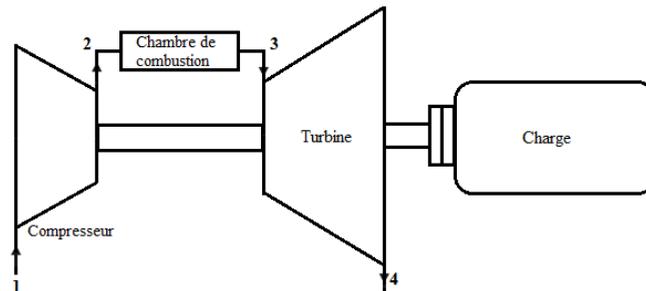


Figure II. 1: Schéma d'une turbine à gaz à un seul arbre fonctionnant en cycle ouvert [8]

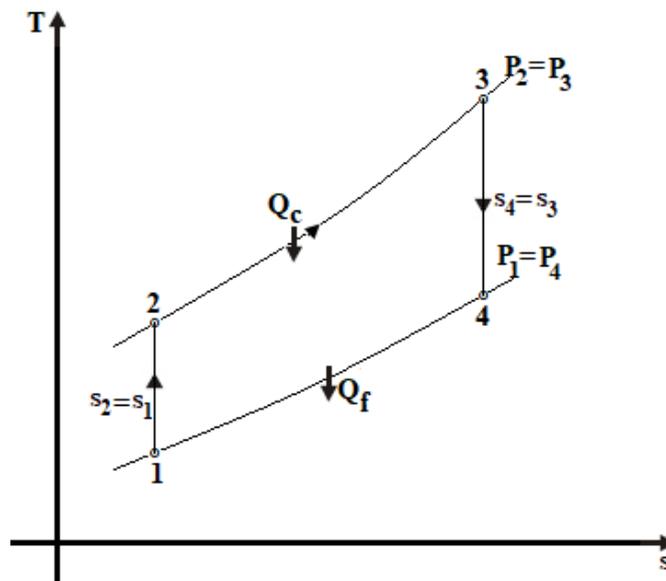


Figure II. 2: Cycle de Joule – Brayton ouvert [8]

La figure II.2 présente un cycle de Joule – Brayton ouvert pour une turbine à gaz avec un seul arbre. Une compression au niveau du compresseur de 1 Jusqu'à 2 avec une prise de masse d'air à l'atmosphère, de 2 jusqu'à 3 une combustion accompagnée d'une augmentation de température au niveau de la chambre de combustion, de 3 jusqu'à 4 une détente se passe au niveau de la turbine, suivi d'une chute de pression et de température et de 4 jusqu'à 1 une quantité de chaleur est évacuée vers l'atmosphère, causée par la sortie des gaz d'échappement.

II.4.1.2.Cycle de Joule – Brayton fermé

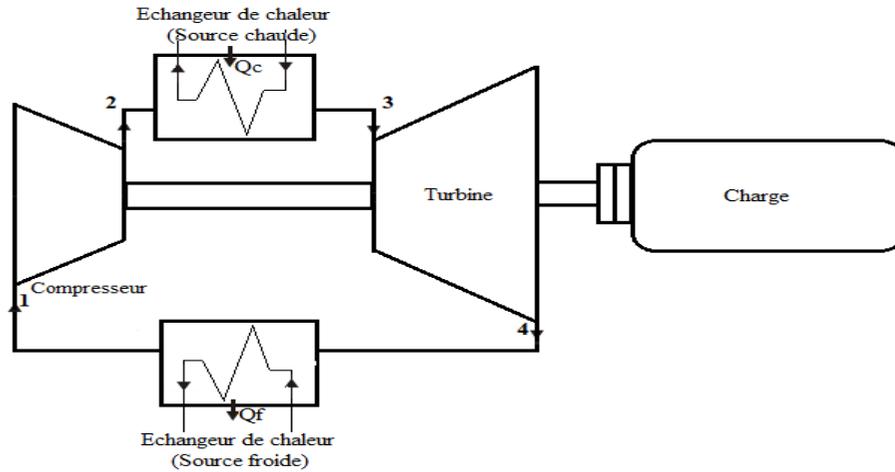


Figure II. 3: Schéma d’une turbine à gaz à un seul arbre fonctionnant en cycle fermé [8]

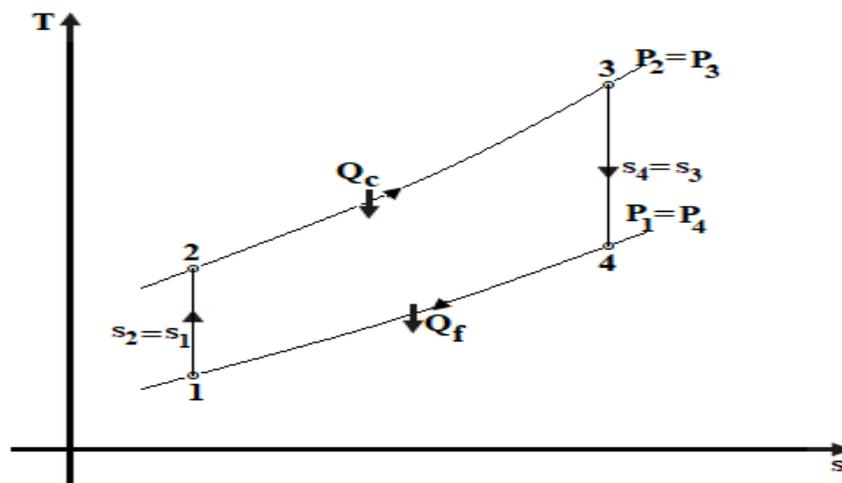


Figure II. 4: Cycle de Joule – Brayton fermé [8]

La figure II.4 nous montre une augmentation de température au niveau d’un échangeur de chaleur (source chaude) après la compression et ensuite une baisse de température se passe au niveau d’un autre échangeur de chaleur (source froide).

II.4.1.3.Cycle de Joule – Brayton d’une turbine à gaz a deux lignes

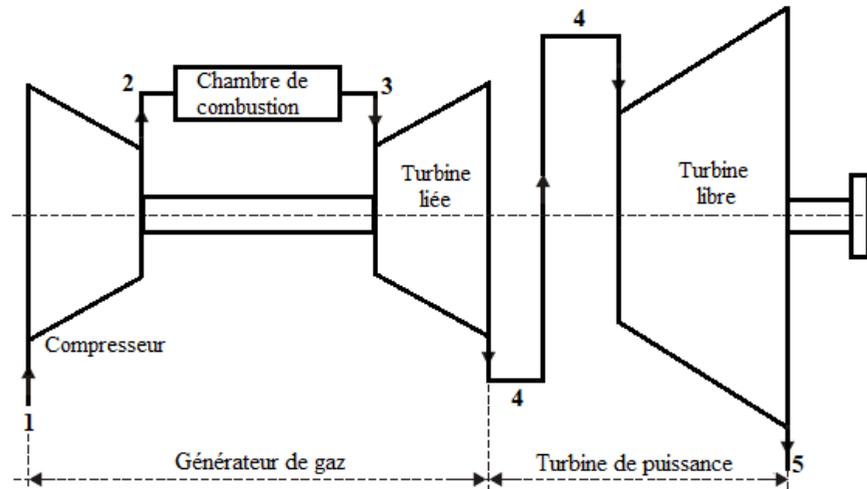


Figure II. 5: Schéma d'une turbine à gaz à deux lignes [8]

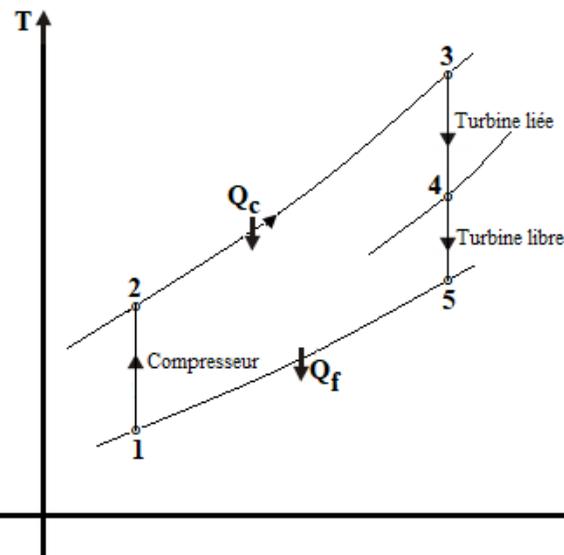


Figure II. 6: Cycle d'une turbine à gaz à deux lignes.[8]

La figure II.6 nous montre qu'une détente de gaz se passe dans la turbine liée pour produire un travail nécessaire pour l'entraînement du compresseur, ensuite les gaz se détendent encore au niveau de la turbine libre pour la production d'une puissance qui entraîne l'alternateur.

II.4.2. Cycle réel de Brayton

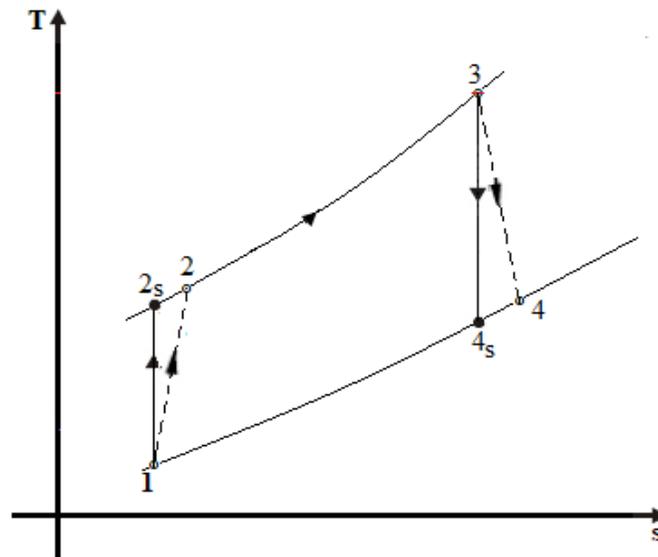


Figure II. 7: Schéma d'un cycle réel [8]

La figure II .7 nous montre un schéma d'un cycle réel, on constate que la température à la sortie de compresseur et la turbine est plus élevée par rapport au cycle idéal c'est dû aux frottements visqueux au niveau de compresseur et la turbine.

II.5. Rendements thermiques

II.5.1. Cycle idéal

II.5.1.1. Calcul du rendement à partir du travail net du cycle

Le rendement de cycle idéal est le rapport entre le travail net et la quantité de chaleur consommée à la source chaude, en le calcul selon la formule suivante :

$$\eta = \frac{W_{e\ net}}{Q_c} \quad (\text{II.1})$$

Travail net du cycle :

$$W_{e\ net} = (W_{e\ turbine}) - (W_{compresseur}) \quad (\text{II.2})$$

Travail massique de compresseur :

$$W_{compresseur} = C_p(T_2 - T_1) \quad (\text{II.3})$$

Le travail massique de compresseur est exprimé en [J/kg]

Travail fourni au milieu extérieur par la turbine :

$$W_{e \text{ turbine}} = C_p(T_3 - T_4) \quad (\text{II.4})$$

Le travail fourni au milieu extérieur par la turbine est exprimé en [J/kg]

Quantité de chaleur consommée à la source chaude

$$Q_c = C_p(T_3 - T_2) \quad (\text{II.5})$$

La quantité de chaleur consommé à la source chaude est exprimée en [J/kg]

II.5.1.2.Calcul du rendement à partir des chaleurs du cycle

En le calcul selon la formule suivante :

$$\eta = 1 - \frac{Q_{ef}}{Q_c} \quad (\text{II.6})$$

Quantité de chaleur rejetée à la source froide :

$$Q_{ef} = C_p(T_4 - T_1) \quad (\text{II.7})$$

La quantité de chaleur rejetée à la source froide exprimée en [kJ/kg]

II.5.2.Cycle réel

II.5.2.1.Calcul du rendement à partir du travail net du cycle

Le rendement de cycle réel est le rapport entre le travail net et la quantité de chaleur consommée par le cycle, en le calcul selon la formule suivante :

$$\eta = \frac{W_{e \text{ net}}}{Q_c} \quad (\text{II.8})$$

Travail net du cycle :

$$W_{e \text{ net}} = (W_{e \text{ turbine}})r - (W_{\text{compresseur}})r \quad (\text{II.9})$$

Travail massique de compresseur :

$$\frac{T_{2s}}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad (\text{II.10})$$

$$\eta_{\text{isn compresseur}} = \frac{T_{2s}-T_1}{T_2-T_1} \quad (\text{II.11})$$

$$T_2 = T_1 + \frac{T_{2s}-T_1}{\eta_{\text{isn}}} \quad (\text{II.12})$$

$$W_{\text{compresseur}} = C_p(T_2 - T_1) \quad (\text{II.13})$$

Travail extérieur de la turbine :

$$\frac{T_{4s}}{T_3} = \left(\frac{P_4}{P_3}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad (\text{II.14})$$

$$\eta_{isn turbine} = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_{4s}} \quad (\text{II.15})$$

$$T_4 = T_3 - \eta_{isn turbine} (T_3 - T_{4s}) \quad (\text{II.16})$$

$$W_{ex turbine} = C_p (T_3 - T_4) \quad (\text{II.17})$$

II.5.2.2. Calcul du rendement à partir des chaleurs du cycle

En le calcul selon la formule suivante :

$$\eta = 1 - \frac{Q_{ef}}{Q_c} \quad (\text{II.18})$$

Quantité de chaleur cédée au milieu extérieur :

$$Q_{ef} = C_p (T_4 - T_1) \quad (\text{II.19})$$

II.6. Conclusion

À travers ce chapitre on peut déduire que la production d'électricité passe par un cycle thermodynamique où le fluide moteur reçoit d'abord de l'énergie mécanique au travers du compresseur, puis de la chaleur au travers de la chambre de combustion, ce détend ensuite dans la turbine provoquant ainsi la rotation de la turbine qui entraîne à son tour, le générateur d'électricité

Chapitre III

Essais de performance d'une turbine à gaz

Essais de performance d'une turbine à gaz

III.1. Essais de performance d'une turbine à gaz

III.1.1. Introduction

La performance des turbines à gaz est affectée par plusieurs paramètres climatiques et aussi énergétiques. D'où l'importance de réaliser les essais de performance afin de suivre les tendances des valeurs et d'interpréter la dégradation ou l'amélioration de ces dernières. L'interprétation des résultats est importante pour un meilleur suivi du comportement des groupes dans le cadre de la maintenance conditionnelle.

Le calcul de la CSP est une méthode utilisée pour suivre la performance d'une turbine à gaz.

III.1.2. Introduction aux essais de performance

Le travail comprend le développement d'un programme pour analyser et calculer les paramètres des différents processus dans les turbines à gaz. L'influence des conditions environnementales sur les performances de la machine considérée a été soulignée. Les résultats obtenus à partir de l'effet des conditions environnementales sur les performances des turbines à gaz. Ces résultats sont présentés sous forme de courbes pour une meilleure illustration des phénomènes physiques [9].

L'utilisation des turbines à gaz est très répandue dans l'industrie dans la production d'énergie électrique. Malgré ces avantages, ils sont très sensibles aux variations de la température de l'air ambiant, ce qui nuit au rendement thermique de fonctionnement de ces machines. L'essai de performance est de décrire la méthode utilisée pour vérifier l'assurance des centrales à turbine à gaz. La méthode est basée sur des mesures entrées/sorties de la centrale. C'est-à-dire la mesure de l'énergie contenue dans le combustible sous contrainte d'approvisionnement, et calcul de la puissance nette à partir de la mesure de puissance brute et de la consommation électrique des auxiliaires. Des paramètres supplémentaires seront mesurés pour permettre de la correction des paramètres mesurées aux conditions de références [10].

III.1.3. Conditions de référence

. Les valeurs de puissance et de consommation spécifique devront être corrigées aux conditions de référence par des courbes de corrections fournies par le constructeur.

III.1.4.Préparatifs et actions à réaliser avant les essais de performance

III.1.4.1.Préparatifs

Le calendrier définitif des essais sera discuté avec les responsables de la mise en service sur place. La version initiale du processus des essais est la suivante :

- Demande d'autorisation d'effectuer les essais de performance au niveau du dispatching.
- Démarrage des groupes TG
- L'attente de stabilisation des groupes (minimum deux heures après le démarrage)
- Démarrage de l'essai de performance au gaz naturel et la récupération des données.

Fin du test

Les valeurs des grandeurs mesurées devront rester les mêmes entre le début de la période de stabilisation et la fin de l'essai, sauf modifications mineures acceptées.

La durée de la période de stabilisation, l'heure de début et de fin de chaque essai doivent être indiquées dans les documents.

III.1.4.2.Actions à réaliser pendant les essais de performance.

Veille d'essai :

Mise en service et réglage final terminés

Lavage off-line de la turbine

Nettoyage manuel

Jour d'essai :

Démarrage de la centrale pour préchauffer les équipements

Vérification des auxiliaires.

Vérification des paramètres de stabilisation

Vérification de la charge des turbines

Déclaration de la période de stabilisation : 2 heures

Après l'essai :

Si des écarts paramétriques surviennent lors des essais, la période de mesure peut être prolongée pour obtenir une heure d'essai cumulée dans de bonnes conditions.

Une décision doit être prise si des problèmes imprévus surviennent pendant le test selon des règles standards. Toute décision prise doit être notée sur une feuille [9].

III.1.4.3.Prise d'échantillons de combustibles

Pour chaque essai, on doit prendre :

- 2 échantillons au début de l'essai
- 2 échantillons à la fin de l'essai.

Les prélèvements seront effectués en amont et au plus près débitmètre de combustible. Les bouteilles doivent être proprement remplis du combustible et sans air. Les échantillons seront stockés dans des récipients spéciaux pour les protéger de toute influence extérieure [9].

Pour l'analyse du gaz naturel deux (02) échantillons prélevés durant deux moments différents doivent être analysés par le laboratoire.

III.1.4.4.Stabilité de l'approvisionnement en combustible

Le débit de combustible et la charge des turbines seront vérifiés durant les essais sur les écrans de la salle de contrôle et commande. Toute anomalie devra être signalée.

III.1.5.Instruments utilisés

Des instruments de mesure dédiés aux essais de performance seront utilisés pour toutes les mesures directement liées aux garanties. Ces instruments auront au moins la précision requise par les codes et les normes. Si des recalibrages sont nécessaires sur le site, elles effectueraient avant le test et aucun calibrage n'est requis après le test. Les certificats d'étalonnage de tous les équipements utilisés seront préparés avant les essais. [9]

Les instruments permanents de la centrale utilisés pour les essais transformateur courant, transformateur tension, débitmètre gaz, ils n'ont pas besoins de recalibrage.

L'acquisition des mesures automatiques se fera sur un ordinateur dédié pendant la durée des essais. L'intervalle entre 2 mesures automatiques sera de 12 secondes. Une copie de tous les relevés sera enregistrée après les essais, ce qui inclut :

- Les relevés automatiques
- L'horaire des essais.
- Des copies d'écran du système de contrôle et commande et des courbes de tendance.

III.1.5.1.Déviations acceptables durant les essais

Les recommandations des codes et standards sur la stabilité des paramètres seront vérifiées avant d'entrer en période d'essai sont présentées ci-dessous

L'essai ne pourra être validé que si ces paramètres seront dans un intervalle autour de leur valeur moyenne (sauf si un accord est conclu sur le site).

Déviations acceptables pour les turbines à gaz :

| | |
|--------------------------------|------------|
| Température de l'air en entrée | ± 2 °C |
| Pression atmosphérique | ± 1 % |
| Pression du gaz à l'entrée | ± 1 % |
| Température du combustible | ± 3 °C |
| Température fumée en sortie | ± 2 °C |
| Puissance électrique | ± 2 % |

III.1.5.2. Conditions de références

Conditions de site :

| | |
|-------------------------|--------|
| Température ambiante | 35°C |
| Pression atmosphérique | 101kpa |
| Humidité relative | 75% |
| Facteur de puissance | 0,85 |
| Fréquence du générateur | 50Hz |

Conditions iso :

| | |
|-------------------------|------------|
| Température ambiante | 15°C |
| Pression atmosphérique | 101,325kpa |
| Humidité relative | 60% |
| Facteur de puissance | 0,85 |
| Fréquence du générateur | 50Hz |

III.1.6. Mesures prises

III.1.6.1. Paramètres mesurés :

Les mesures des paramètres de fonctionnement de l'unité ont été collectées comme des instantanés de données de 12 secondes de l'historique des données. Ensuite les données mesurées sont présentées sous forme d'un fichier Excel.

Parmi les paramètres mesurés :

- Température ambiante
- Pression atmosphérique
- Humidité relative
- Pression gaz de service
- Température gaz de service
- Puissance alternateur (P_{BA})
- Puissance usine (P_{BU})
- Consommation auxiliaire (AUX)
- Analyse chromatographique du gaz combustible (compositions de gaz)

III.1.6.2.Paramètres nécessaires dans l'essai

Pouvoir calorifique

Le PCI et le PCS du combustible sont obtenus à partir de la composition issue de l'une des analyses officielles d'échantillons du gaz naturel.

Débit massique de gaz naturel

Le débit massique de gaz naturel à (P_{gaz}) et (T_{gaz}) est mesuré par un débitmètre.

Débit volumique de gaz naturel

Le débit volumique de gaz naturel à (P_{gaz}) et (T_{gaz}) est calculé par une formule en se basant sur la masse volumique du gaz.

Puissance électrique nette d'un groupe TG

La puissance nette (P_{BU}) sera mesurée directement après le transformateur principal. Seuls les auxiliaires spécifiques à la TG seront alimentés par celle-ci. Les auxiliaires communs seront alimentés par une autre source en utilisant les coupe-circuits [11].

Consommation spécifique d'un groupe TG

La consommation spécifique est la consommation de gaz d'un groupe TG pour produire un kilowattheure d'énergie électrique.

III.1.6.3.Résultats corrigés d'un groupe TG

Les valeurs mesurées aux conditions de site le jour de l'essai seront corrigées aux conditions de référence. Tout devra être mis en œuvre pour que les essais se déroulent au plus près des conditions

de référence pour minimiser l'utilisation, ou au moins l'amplitude, des corrections. Lorsqu'un paramètre est mesuré plusieurs fois, la moyenne des valeurs enregistrées durant chaque essai sera utilisée pour la correction des performances. Pour la correction sur la fréquence réseau et humidité relative, les facteurs de corrections seront obtenus par interpolation entre les courbes de température [9].

Puissance électrique nette corrigée

La puissance corrigée sera calculée en appliquant les facteurs de corrections relevés par des courbes de correction transmises par le constructeur.

Consommation spécifique corrigée

La consommation spécifique nette corrigée sera calculée en appliquant les facteurs de correction relevés par des courbes de correction transmises par le constructeur. .

III.2.Consommation spécifique d'une turbine à gaz

III.2.1.Définition :

La consommation spécifique est désignée par CSP, est inversement proportionnelle par rapport au rendement thermique. La consommation spécifique est techniquement définie par la quantité d'énergie primaire (en kcal ou Th) du combustible nécessaire pour produire 1 kWh d'électricité. La "consommation spécifique" indique la consommation du moteur en fonction de la puissance développée. Elle est souvent exprimée en kg /kWh, kcal /kWh ou Th/kWh [12]. La valeur de consommation spécifique d'une turbine à gaz dépend de plusieurs facteurs :

- Débit volumique de gaz naturel
- Pression du gaz naturel
- Température du gaz naturel
- Pouvoir Calorifique Inférieur ou Supérieur du gaz naturel

III.2.2.Calcul de la consommation spécifique

Cette dernière se calcule en divisant la quantité du gaz consommée par la puissance produite.

III.2.2.1.Débit volumique de gaz :

Le débit volumique de gaz naturel est obtenu suivant l'équation :

$$Q_v = \frac{Q_m}{\rho_{\text{gaz}}} \quad \text{(III.1)}$$

Avec :

Q_v : Débit volumique de gaz naturel à P gaz et T gaz [Nm³/h]

Q_m : Débit massique de gaz naturel à P gaz et T gaz [kg/h]

ρ_{gaz} : Masse volumique de gaz [kg/ Nm³]

III.2.2.2. Puissance électrique nette d'un groupe TG

Calculer selon l'équation suivante :

$$P_{BU\ nette} = P_{BA\ mesurée} - AUX_{communs} \quad \text{(III.2)}$$

III.2.2.3. Puissance électrique nette corrigée d'un groupe

La puissance électrique nette corrigée d'un groupe se calcule selon l'équation suivante :

$$P_{BU\ nette\ corr} = \frac{P_{BU\ nette}}{\text{produit des facteurs de correction du puissance}} \quad \text{(III.3)}$$

$$P_{BU\ nette\ corr} = P_{BU\ nette} / (K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5) \quad \text{(III.4)}$$

Avec :

$P_{BU\ nette\ corr}$: Puissance électrique nette corrigée du groupe TG [kW]

K_1 : Facteur de correction pour la température d'air à l'entrée TG

$$K_1 = \frac{\text{facteur lus sur la courbe de correction de valeur mesurée}}{\text{facteur de référence en condition (site ou ISO)}}$$

K_2 : Facteur de correction pour la pression atmosphérique

$$K_2 = \frac{\text{facteur lus sur la courbe de correction de valeur mesurée}}{\text{facteur de référence en condition (site ou ISO)}}$$

K_3 : Facteur de correction pour l'humidité relative

$$K_3 = \frac{\text{facteur lus sur la courbe de correction de valeur mesurée}}{\text{facteur de référence en condition (site ou ISO)}}$$

K_4 : Facteur de correction pour la fréquence du réseau

$$K_4 = \frac{\text{facteur lus sur la courbe de correction de valeur mesurée}}{\text{facteur de référence en condition (site ou ISO)}}$$

K_5 : Facteur de correction pour le facteur de puissance

$$K_5 = \frac{\text{facteur lus sur la courbe de correction de valeur mesurée}}{\text{facteur de référence en condition (site ou ISO)}}$$

III.2.2.4. Consommation spécifique d'un groupe TG

CSP calcul à partir du pouvoir calorifique inférieur :

$$CSP = \frac{\text{Débit volumique} \cdot PCI}{P_{BU \text{ net}}} \quad \text{(III.5)}$$

CSP calcul à partir du pouvoir calorifique supérieur

$$CSP = \frac{\text{Débit volumique} \cdot PCS}{P_{BU \text{ net}}} \quad \text{(III.6)}$$

III.2.2.5. Consommation spécifique corrigée d'un groupe TG

Cette dernière se calcule selon l'équation suivante :

$$CSP_{\text{corr}} = \frac{CSP_{\text{gaz}}}{\text{le produit des facteurs de correction CSP}} \quad \text{(III.7)}$$

$$CSP_{\text{corr}} = CSP_{\text{gaz}} / (C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4) \quad \text{(III.8)}$$

Avec :

CSP corr : Consommation spécifique corrigée du groupe TG [kcal/kWh].

C1 : Facteur de correction pour la température d'air à l'entrée TG.

$$C_1 = \frac{\text{facteur lus sur la courbe de correction de valeur mesurée}}{\text{facteur de référence condition (site ou ISO)}}$$

C2 : Facteur de correction pour l'humidité relative

$$C_2 = \frac{\text{facteur lus sur la courbe de correction de valeur mesurée}}{\text{facteur de référence condition (site ou ISO)}}$$

C3 : Facteur de correction pour le facteur de puissance

$$C_3 = \frac{\text{facteur lus sur la courbe de correction de valeur mesurée}}{\text{facteur de référence condition (site ou ISO)}}$$

C4 : Facteur de correction pour la fréquence du réseau

$$C_4 = \frac{\text{facteur lus sur la courbe de correction de valeur mesurée}}{\text{facteur de référence condition (site ou ISO)}}$$

III.2.2.6. Résultats corrigés pour la centrale

Puissance nette corrigée de la centrale

Puissance nette corrigée du central se calcule selon l'équation suivante :

$$P_{\text{BU corr du central}} = \sum P_{\text{BU nette corr des groupes}} - \text{AUX communs} \quad (\text{III.9})$$

Consommation spécifique de gaz nette corrigée de la centrale :

Elle se calcule selon l'équation suivante :

$$\text{CSP}_{\text{corr central}} = \sum \text{CSP gaz corrigée} / P_{\text{BU nette central corr}} \quad (\text{III.10})$$

Avec :

CSP central corrigée : Consommation spécifique central corrigée dans le cas gaz [kJ/kWh].

III.3. Conclusion

A travers ce chapitre, on a pu faire une description générale sur les essais de performance dans une turbine à gaz. La procédure à suivre pour faire ce genre d'essai ainsi tous les paramètres mesurés durant l'essai.

A la fin, nous avons formulé toutes les équations utilisées durant le calcul du CSP et aussi les facteurs de correction.

Chapitre IV

Résultats et discussions des essais de performance

Résultats et discussions des essais de performance

IV.1. Introduction

Les essais de performance thermique sur le site de Sonelgaz III - Amizour ont été réalisés sous la direction du chef de service contrôle et essais à l'aide d'un système d'acquisition de données. Les données mesurées, les résultats et les analyses de ces essais sont présentés sous forme de tableaux.

Ces rapports d'essais traitent les essais de huit générateurs à turbine à combustion MOBILEPAC de type FT8 de Pratt Whitney Power Systèmes fonctionnant au gaz naturel.

IV.2. Calcul de la consommation spécifique

Les lois utilisées pour les calculs sont décrites dans le chapitre 3.

Les groupes 4 et 7 sont en arrêt.

Groupe 1 :

Date et heure d'essai :

-L'essai de groupe 1 a été effectué le 17 /mai/2022 du 11h :30 jusqu'à 16h :00.

-Les calculs se sont basés sur l'intervalle de temps de 14h00 à 15h00.

Données nécessaires pour le calcul :

Parmi les mesures données par le système d'accueil de donnée de la centrale, l'annexe A.A présente la moyenne des mesures nécessaires pour le calcul de la CSP.

Conversion des unités de mesure aux unités de calcul :

$$T_a = 84,71 \text{ } ^\circ\text{F} = 29,28 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Avec :

$$T_c = \frac{T_f - 32}{1,8} \quad (\text{IV.1})$$

T_c : température en degré Celsius

T_f : température en degré Fahrenheit

$$Q_g = 7704,38 \text{ lbs/hr} = 3494,65 \text{ kg/hr}$$

Avec :

$$1 \text{ kg} = 2,2 \text{ lbs} \quad (\text{IV.2})$$

Données de gaz utilisé :

Le tableau présenté dans l'annexe A.B montre la composition de gaz utilisé le jour d'essai fourni par un laboratoire spécialisé.

Corrections :

Le tableau présenté dans l'annexe A.C montre les facteurs de correction (calculés selon les équations présentées dans le chapitre 3) effectués sur les mesures prises selon les conditions de site et les conditions ISO. (Ces corrections sont faites en utilisant les courbes de correction données par le constructeur)

Tableau de calcul :

Le tableau présenté dans l'annexe A.D montre les calculs de la CSP fait par Excel.

Rapport final :

Les rapports ci-joints présentent le résultat final de calcul de la CSP ainsi ces valeurs corrigées en conditions de site et ISO.

Selon les valeurs mesurées

| | | | |
|---------------------------------------|--|--------------------------------|--|
| T _{amb} : 29,28 °C | | Hr: 58,63% | |
| P _{amb} : 1,00096 bar | | | |
| Consommation spécifique (kcal/kWh) | | Puissance P _{BU} (kW) | |
| 2 907,26 | | 14 955,90 | |

Tableau IV. 1: Valeur de la CSP selon les valeurs mesurées

Selon les valeurs corrigées aux conditions ISO

| | | | |
|---------------------------------------|--|--------------------------------|--|
| T _{amb} : 15°C | | Hr: 60% | |
| P _{amb} : 1,01325 bar | | | |
| Consommation spécifique (kcal/kWh) | | Puissance P _{BU} (kW) | |
| 2 881,06 | | 16 363,28 | |

Tableau IV. 2 : Valeur de CSP corrigées aux conditions ISO

Selon les valeurs corrigées aux conditions du site

| | | | |
|---------------------------------------|--|-------------------------|--|
| Tamb:35 °C | | Hr: 75% | |
| Pamb:1,0100 bar | | | |
| Consommation spécifique (kcal/kWh) | | Puissance P_{BU} (kW) | |
| 2 930,88 | | 14 754,04 | |

Tableau IV. 3: Valeur de la CSP corrigées aux conditions du site

Groupe 2**Date et heure d'essai :**

-L'essai de groupe 2 a été effectué le 17 /mai/2022 du 11 :30 jusqu'à 16 :00.

-Les calculs se sont basés sur l'intervalle de temps de 14h00 à 15h00.

Données nécessaires pour le calcul :

Le tableau est présenté dans l'annexe A.E.

Conversion des unités de mesure aux unités de calcul :

$$T_a = 84,71 \text{ °F} = 29,28 \text{ °C}$$

$$Q_g = 10074,51 \text{ lbs/hr} = 4569,72 \text{ kg/hr}$$

Données de gaz utilisé :

Sont les mêmes valeurs pour les huit groupes car c'est le même gaz injecter pour tous les groupes.

Corrections :

Le tableau est présenté dans l'annexe A.F

Tableau de calcul :

Le tableau est présenté dans l'annexe A

Rapport final :**Selon les valeurs mesurées**

| | | | |
|---------------------------------------|--|-------------------------|--|
| Tamb:29,28°C | | Hr: 58,63% | |
| Pamb:1,00096 bar | | | |
| Consommation spécifique (kcal/kWh) | | Puissance P_{BU} (kW) | |
| 2676,02 | | 21 246,81 | |

Tableau IV. 4: Valeur de la CSP selon les valeurs mesurées

Selon les valeurs corrigées aux conditions ISO

| | | | |
|---------------------------------------|--|--------------------------------|--|
| Tamb:15°C Pamb:1,01325 bar | | Hr: 60% | |
| Consommation spécifique (kcal/kWh) | | Puissance P _{BU} (kW) | |
| 2 654,56 | | 23 249,38 | |

Tableau IV. 5: Valeur de la CSP corrigées aux conditions ISO

Selon les valeurs corrigées aux conditions du site

| | | | |
|---------------------------------------|--|--------------------------------|--|
| Tamb:35°C Pamb:1,01000bar | | Hr: 75% | |
| Consommation spécifique (kcal/kWh) | | Puissance P _{BU} (kW) | |
| 2 700,47 | | 20 964,96 | |

Tableau 4.6: Valeur de la CSP corrigées aux conditions du site

Groupe 3**Date et heure d'essai :**

-L'essai de groupe 3 a été effectué le 17 /mai/2022 du 11 :30 jusqu'à 16 :00.

-Les calculs se sont basés sur l'intervalle de temps de 14h00 à 15h00.

Données nécessaires pour le calcul :

Le tableau est présenté dans l'annexe A.H.

Conversion des unités de mesure aux unités de calcul :

$$T_a = 84,71 \text{ °F} = 29,28 \text{ °C}$$

$$Q_g = 10314,50 \text{ lbs/hr} = 4678,58 \text{ kg/hr}$$

Corrections :

Le tableau est présenté dans l'annexe A.I.

Tableau de calcul :

Le tableau est présenté dans l'annexe A.J.

Rapport final :**Selon les valeurs mesurées**

| | | | |
|---------------------------------------|--|--------------------------------|--|
| T _{amb} :29,28°C | | Hr: 58,63% | |
| P _{amb} :1,00096 bar | | | |
| Consommation spécifique (kcal/kWh) | | Puissance P _{BU} (kW) | |
| 2 670,63 | | 21 96,79 | |

Tableau IV. 6 :Valeur de la CSP selon les valeurs mesurées

Selon les valeurs corrigées aux conditions ISO

| | | | |
|---------------------------------------|--|--------------------------------|--|
| T _{amb} :15°C | | Hr: 60% | |
| P _{amb} :1,01325 bar | | | |
| Consommation spécifique (kcal/kWh) | | Puissance P _{BU} (kW) | |
| 2 647,65 | | 23 888,87 | |

Tableau IV. 7: Valeur de la CSP corrigée aux conditions ISO

Selon les valeurs corrigées aux conditions du site

| | | | |
|---------------------------------------|--|--------------------------------|--|
| T _{amb} :35°C | | Hr: 75% | |
| P _{amb} :1,0100 bar | | | |
| Consommation spécifique (kcal/kWh) | | Puissance P _{BU} (kW) | |
| 2 693,44 | | 21 534,37 | |

Tableau IV. 8: Valeur de la CSP corrigée aux conditions du site

Groupe 5**Date et heure d'essai :**

-L'essai de groupe 5 a été effectué le 17 /mai/2022 du 11 :30 jusqu'à 16 :00.

-Les calculs se sont basés sur l'intervalle de temps de 14h00 à 15h00.

Données nécessaires pour le calcul :

Le tableau est présenté dans l'annexe A.K.

Conversion des unités de mesure aux unités de calcul :

$$T_a = 84,71 \text{ °F} = 29,28 \text{ °C}$$

$$Q_g = 10090,49 \text{ lbs/hr} = 4576,98 \text{ Kg/hr}$$

Corrections :

Le tableau est présenté dans l'annexe A.L.

Tableau de calcul :

Le tableau est présenté dans l'annexe A.M.

Rapport final :**Selon les valeurs mesurées**

| | | | |
|---------------------------------------|--|--------------------------------|--|
| Tamb:29,28°C | | Hr: 58,63% | |
| Pamb:1,00096 bar | | | |
| Consommation spécifique (kcal/kWh) | | Puissance P _{BU} (kW) | |
| 2 674,82 | | 21 290,02 | |

Tableau IV. 9: Valeur de la CSP selon les valeurs mesurées

Selon les valeurs corrigées aux conditions ISO

| | | | |
|---------------------------------------|--|--------------------------------|--|
| Tamb:15°C | | Hr: 60% | |
| Pamb:1,01325 bar | | | |
| Consommation spécifique (kcal/kWh) | | Puissance P _{BU} (kW) | |
| 2 653,40 | | 22 16,56 | |

Tableau IV. 10: Valeur de la CSP corrigées aux conditions ISO

Selon les valeurs corrigées aux conditions du site

| | | | |
|---------------------------------------|--|--------------------------------|--|
| Tamb: 35 °C | | Hr: 75% | |
| Pamb:1,01000 bar | | | |
| Consommation spécifique (kcal/kWh) | | Puissance P _{BU} (kW) | |
| 2 699,29 | | 21 111,08 | |

Tableau IV. 11: Valeur de la CSP corrigées aux conditions du site

Groupe 6**Date et heure d'essai :**

-L'essai de groupe 6 a été effectué le 17 /mai/2022 du 11 :30 jusqu'à 16 :00.

-Les calculs se sont basés sur l'intervalle de temps de 14h00 à 15h00.

Données nécessaires pour le calcul :

| | M ₁ | M ₂ | M ₃ | M ₄ | M _m |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| P _{aux.com} (MW) | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,11 | 0,08 |
| HR (%) | 56,94 | 58,76 | 58,86 | 59,97 | 58,63 |
| T _a (°F) | 85,80 | 84,79 | 84,23 | 84,02 | 84,71 |
| Q _g (lbs/hr) | 10377,17 | 10408,90 | 10428,61 | 10439,35 | 10413,51 |

Tableau IV. 12 :Moyenne des mesures prisé durant l'essais

Conversion des unités de mesure aux unités de calcul :

T_a=84,71 °F = 29,28 °C

Q_g =10413,51lbs/hr = 4723,49Kg/hr

Corrections :

| Correction | Mesure | | Référence CS | | Facteur correction | Référence ISO | | Facteur correction |
|-----------------------------|----------------|---------|----------------|---------|--------------------|----------------|---------|--------------------|
| | Données mesuré | Facteur | Données mesuré | Facteur | | Données mesuré | Facteur | |
| T° ambiante/CS P | 29,28 °C | 0,988 | 35 °C | 0,983 | 1,005 | 15 °C | 1,000 | 0,988 |
| T° ambiante/P | 29,28 °C | 0,923 | 35 °C | 0,896 | 1,031 | 15 °C | 1,000 | 0,923 |
| Humidité relative/débit gaz | 58,63 % | 1,0245 | 75 % | 1,035 | 0,990 | 60 % | 1,026 | 0,999 |
| Humidité relative/P | 58,63 % | 1,0205 | 75 % | 1,0315 | 0,989 | 60 % | 1,022 | 0,999 |
| Facteur de puissance/P | 0,97 | 1,0064 | 0,85 | 1,002 | 1,004 | 0,85 | 1,002 | 1,004 |
| Facteur de puissance/CS P | 0,97 | 0,9936 | 0,85 | 0,998 | 0,996 | 0,85 | 0,998 | 0,996 |
| Pression Amb/P | 0,99630 Bar | | 1,01000 Bar | | 0,986 | 1,01325 Bar | | 0,983 |
| θ T2 Test/Réf | 304,19 °K | | 308,15 °K | | 0,987 | 288,15 °K | | 1,056 |

Tableau IV. 13 : Corrections effectuées sur les mesures prises durant l'essai

Tableau de calcul :

| Calcul | Mesure | | | |
|--------------------|----------------|-----------------------|------------|------------|
| | Données mesuré | | correct CS | correct CI |
| Puissance active | 22,21224 | MW | 21,90 | 24,30 |
| Charge auxiliaires | 82,63158 | Kw | | |
| Débit gaz | 4723,492 | kg/hr | 4747,52 | 4666,81 |
| | 6252,129 | M ³ (n)/hr | 6283,93 | 6177,103 |
| CSP/PCS | 11114,18 | kJ/kWh | 11220,37 | 11029,62 |
| | 2656 | kcal/kWh | 2681 | 2636 |
| CSP/PCI | 10103,80 | kJ/kWh | 10200,33 | 10026,93 |
| | 2414 | kcal/Kwh | 2437 | 2396 |

Tableau IV. 14: Calcul de la valeur de la CSP

Rapport final :**Selon les valeurs mesurées**

| | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| Tamb: 29,28 °C Hr: 58,63 % | |
| Pamb: 1,00096 bar | |
| Consommation spécifique (kcal/kWh) | Puissance P _{BU} (kW) |
| 2 655,72 | 22 129,61 |

Tableau IV. 15: Valeur de la CSP selon les valeurs mesurées

Selon les valeurs corrigées aux conditions ISO

| | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| Tamb: 15 °C Hr: 60 % | |
| Pamb: 1,01325 bar | |
| Consommation spécifique (kcal/kWh) | Puissance P _{BU} (kW) |
| 2 635,51 | 24 296,93 |

Tableau IV. 16: Valeur de la CSP corrigées aux conditions ISO

Selon les valeurs corrigées aux conditions du site

| | | | |
|---------------------------------------|--|--------------------------------|--|
| Tamb:35°C Pamb:1,0100 bar | | Hr: 75% | |
| Consommation spécifique (kcal/kWh) | | Puissance P _{BU} (kW) | |
| 2 681,09 | | 21 904,55 | |

Tableau IV. 17: Valeur de la CSP corrigées aux conditions du site

Groupe 8**Date et heure d'essai :**

-L'essai de groupe 8 a été effectué le 17 /mai/2022 du 11 :30 jusqu'à 16 :00.

-Les calculs se sont basés sur l'intervalle de temps de 14h00 à 15h00.

Données nécessaires pour le calcul :

Le tableau est présenté dans l'annexe A.N.

Conversion des unités de mesure aux unités de calcul :

$$T_a = 84,71 \text{ °F} = 29,28 \text{ °C}$$

$$Q_g = 9957,64 \text{ lbs/hr} = 4516,71 \text{ kg/hr}$$

Corrections :

Le tableau est présenté dans l'annexe A.O.

Tableau de calcul :

Le tableau est présenté dans l'annexe A.P.

Rapport final :**Selon les valeurs mesurées**

| | | | |
|---------------------------------------|--|--------------------------------|--|
| Tamb:29,28°C Pamb:1,00096 bar | | Hr: 58,63% | |
| Consommation spécifique (kcal/kWh) | | Puissance P _{BU} (kW) | |
| 2 681,05 | | 20 960,93 | |

Tableau IV. 18: Valeur de la CSP selon les valeurs mesurées

Selon les valeurs corrigées aux conditions ISO

| | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|----------|
| Tamb:15°C Pamb:1,01325bar | | Hr: 60 % |
| Consommation spécifique (kcal/kWh) | Puissance P _{BU} (kW) | |
| 2 658,79 | 22 701,68 | |

Tableau IV. 19: Valeur de la CSP corrigées aux conditions ISO

Selon les valeurs corrigées aux conditions du site

| | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|----------|
| Tamb:35°C Pamb:1,01000bar | | Hr: 75 % |
| Consommation spécifique (kcal/kWh) | Puissance P _{BU} (kW) | |
| 2 704,77 | 20 461,19 | |

Tableau IV. 20: Valeur de la CSP corrigées aux conditions du site

IV.3.Résultats d'essais de performance durant l'année 2019

IV.3.1.CSP, fonction des mois

Groupe 1

| Mois | janv | févr | mars | Avr | mai | Juin | juil | aout | sept | oct |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CSP (Th/kWh) | 2,692 | 2,727 | 2,745 | 2,609 | 2,661 | 2,612 | 2,689 | 2,757 | 2,791 | 2,728 |

Tableau IV. 21: Valeurs de CSP durant l'année 2019 pour le groupe 1

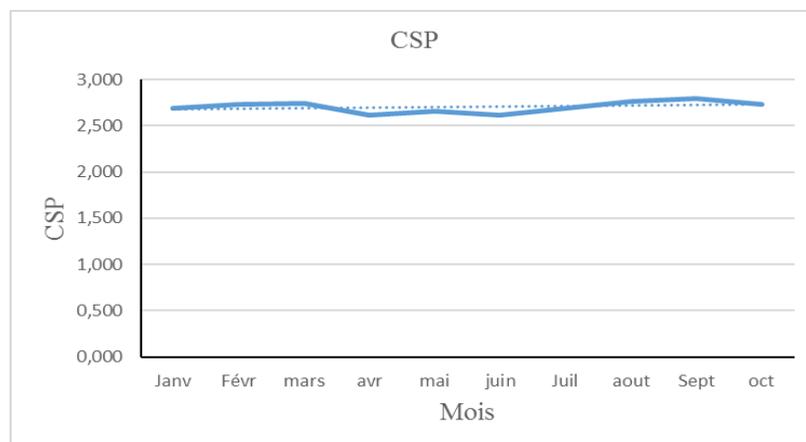


Figure IV. 1: Courbe des valeurs de CSP durant l'année 2019 pour le groupe 1

Groupe 2

| Mois | janv | févr | mars | avr | mai | Juin | juil | aout | sept | oct |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| CSP (Th/kWh) | 2,727 | 2,734 | 2,675 | 2,654 | 2,737 | 2,68 | 2,745 | 2,788 | 2,783 | 2,728 |

Tableau IV. 22: Valeurs de CSP durant l'année 2019 pour le groupe 2

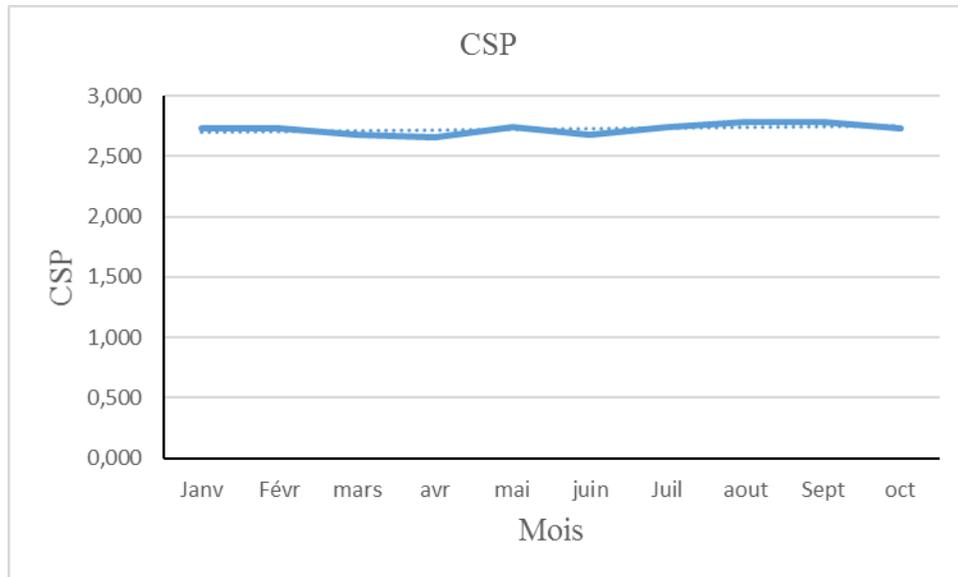


Figure IV. 2: Courbe des valeurs de CSP durant l'année 2019 pour le groupe 2

Groupe 3

| Mois | janv | févr | mars | avr | mai | Juin | juil | aout | sept | oct |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CSP (Th/kWh) | 2,658 | 2,676 | 2,695 | 2,669 | 2,646 | 2,638 | 2,738 | 2,704 | 2,626 | 2,625 |

Tableau IV. 23: Valeurs de CSP durant l'année 2019 pour le groupe 3

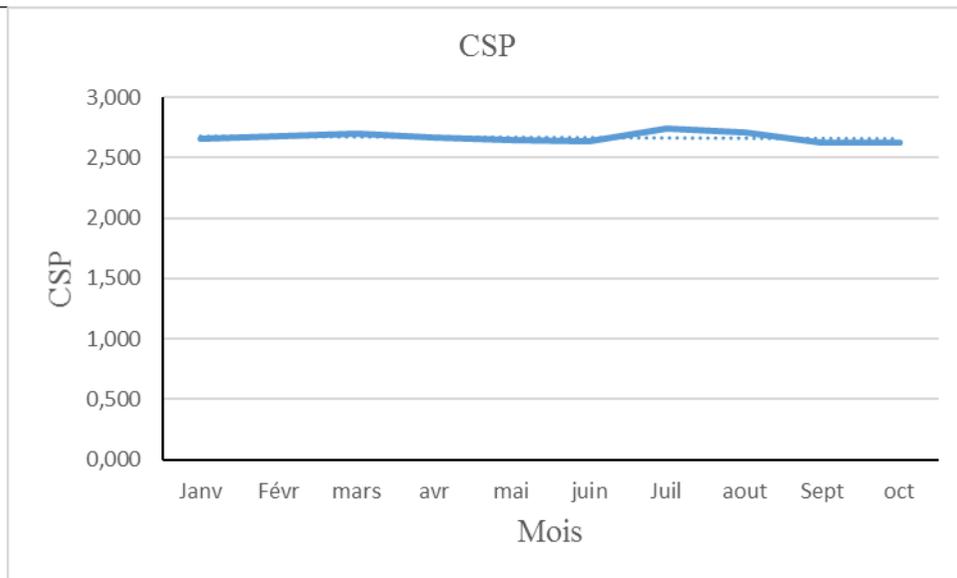


Figure IV. 3 : Courbe des valeurs de CSP durant l’année 2019 pour le groupe 3

Groupe 4

| Mois | janv | févr | mars | avr | mai | juin | juil | aout | sept | oct |
|--------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CSP (Th/kWh) | 2,647 | 2,62 | 2,669 | 2,663 | 2,636 | 2,631 | 2,705 | 2,698 | 2,621 | 2,611 |

Tableau IV. 24: Valeurs de CSP durant l’année 2019 pour le groupe 4

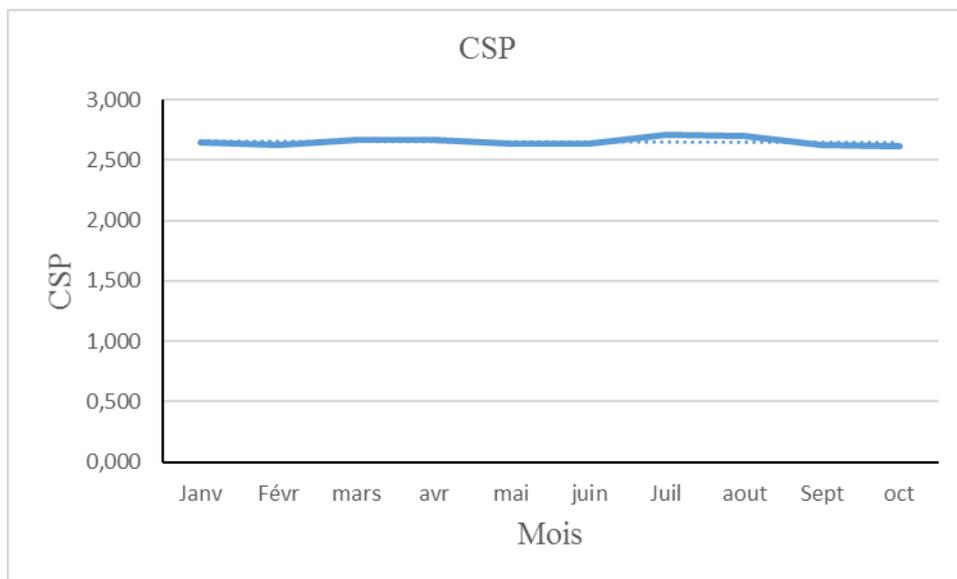


Figure IV. 4: Courbe des valeurs de CSP durant l’année 2019 pour le groupe 4

Groupe 5

| Mois | janv | févr | mars | avr | mai | Juin | juil | aout | Sept | oct |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CSP (Th/kWh) | 2,636 | 2,644 | 2,676 | 2,693 | 2,633 | 2,721 | 2,686 | 2,718 | 2,637 | 2,640 |

Tableau IV. 25: Valeurs de CSP durant l'année 2019 pour le groupe 5

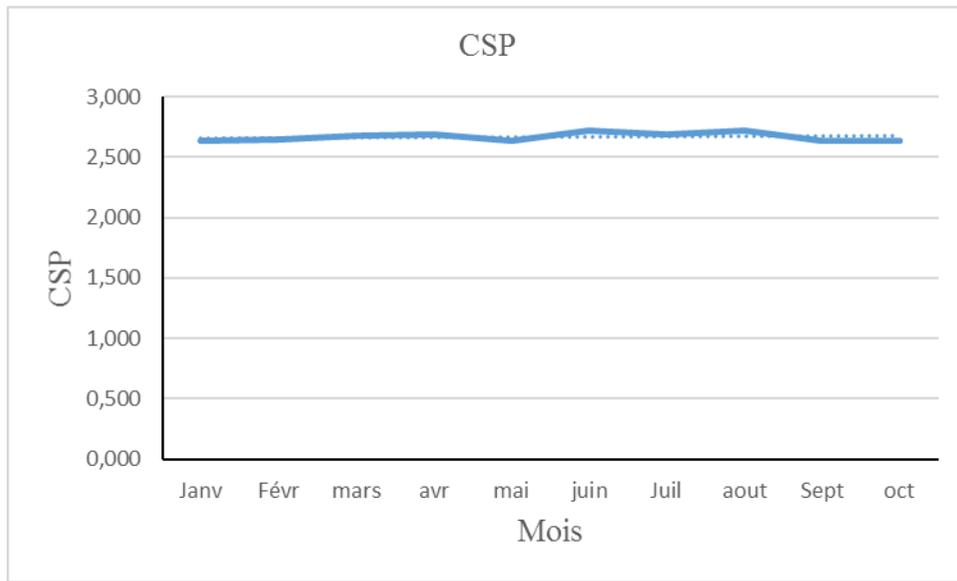


Figure IV. 5: Courbe des valeurs de CSP durant l'année 2019 pour le groupe 5

Groupe 6

| Mois | janv | févr | mars | avr | mai | Juin | juil | aout | sept | oct |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CSP (Th/kWh) | 2,611 | 2,620 | 2,651 | 2,682 | 2,613 | 2,723 | 2,676 | 2,704 | 2,605 | 2,608 |

Tableau IV. 26: Valeurs de CSP durant l'année 2019 pour le groupe 6

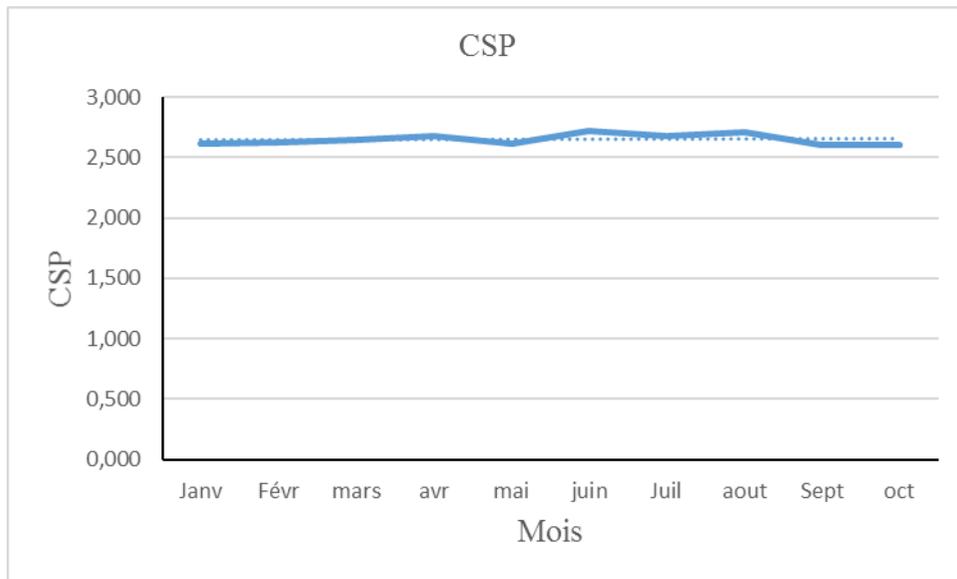


Figure IV. 6: Courbe des valeurs de CSP durant l’année 2019 pour le groupe 6

Groupe 7

| Mois | janv | févr | mars | avr | mai | Juin | juil | aout | sept | oct |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CSP (Th/kWh) | 2,611 | 2,679 | 2,639 | 2,671 | 2,635 | 2,605 | 2,645 | 2,726 | 2,607 | 2,627 |

Tableau IV. 27: Valeurs de CSP durant l’année 2019 pour le groupe 7

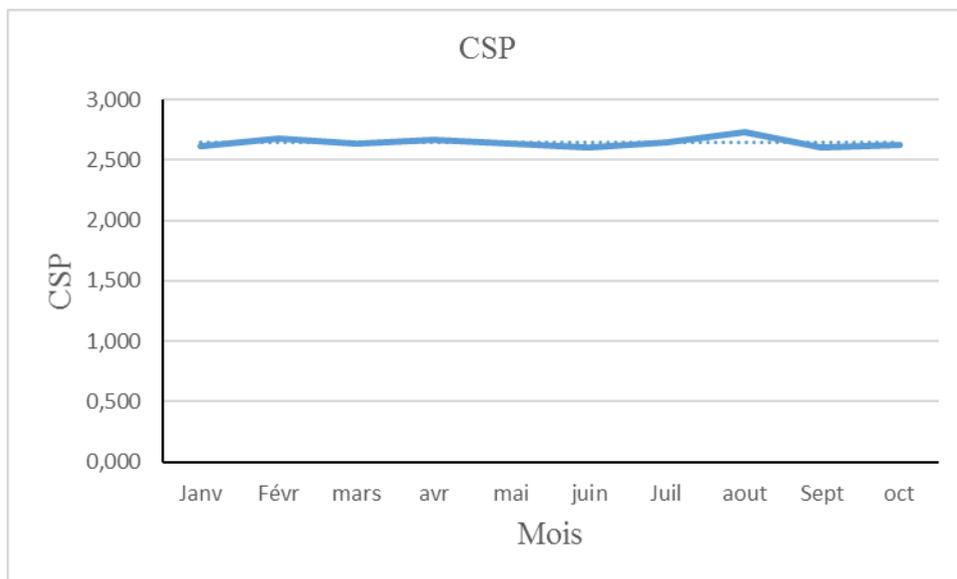


Figure IV. 7 : Courbe de valeurs de CSP durant l’année 2019 pour le groupe 7

Groupe 8

| Mois | janv | févr | mars | avr | mai | juin | juil | aout | sept | oct |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CSP (Th/kWh) | 2,617 | 2,679 | 2,645 | 2,673 | 2,643 | 2,608 | 2,654 | 2,633 | 2,615 | 2,637 |

Tableau IV. 28: Valeurs de CSP durant l'année 2019 pour le groupe 8

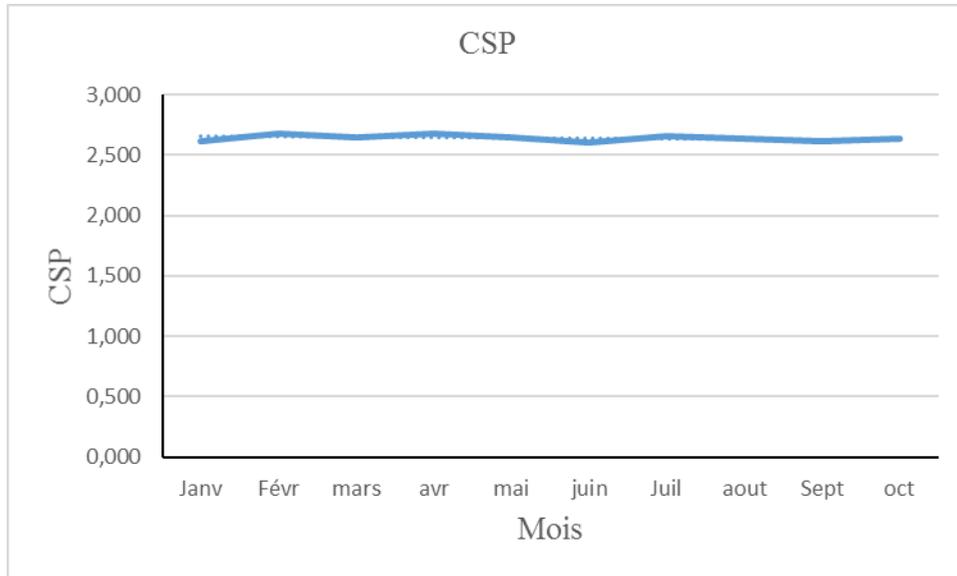


Figure IV. 8: Courbe des valeurs de CSP durant l'année 2019 pour le groupe 8

IV.3.2.CSP, fonction des températures ambiantes**Groupe1**

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T_{amb} (°C) | 8,9 | 12,3 | 16,1 | 17,3 | 22,0 | 26,5 | 30,1 | 30,4 | 30,1 | 23,4 |
| CSP (Th/kWh) | 2,692 | 2,727 | 2,745 | 2,609 | 2,661 | 2,612 | 2,689 | 2,757 | 2,791 | 2,728 |

Tableau IV. 29: Valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 1

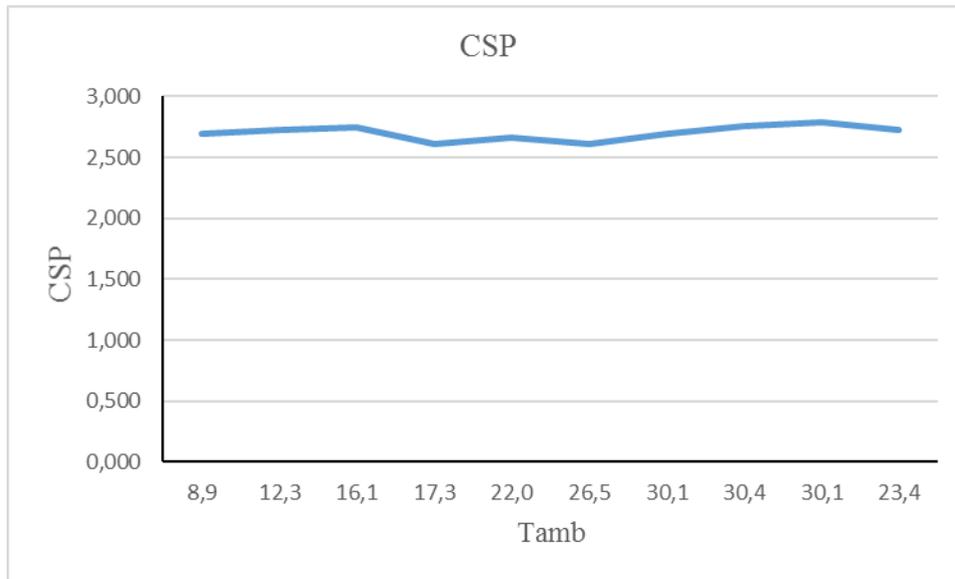


Figure IV. 9: Courbe des valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 1

Groupe 2

| T _{amb} (°C) | 8,9 | 12,2 | 15,4 | 16,3 | 21,2 | 26,9 | 30,4 | 31,3 | 28,7 | 23,4 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CSP (Th/kWh) | 2,727 | 2,734 | 2,675 | 2,654 | 2,737 | 2,680 | 2,745 | 2,788 | 2,783 | 2,728 |

Tableau IV. 30: Valeurs de CSP en fonction de la température ambiante pour le groupe 2

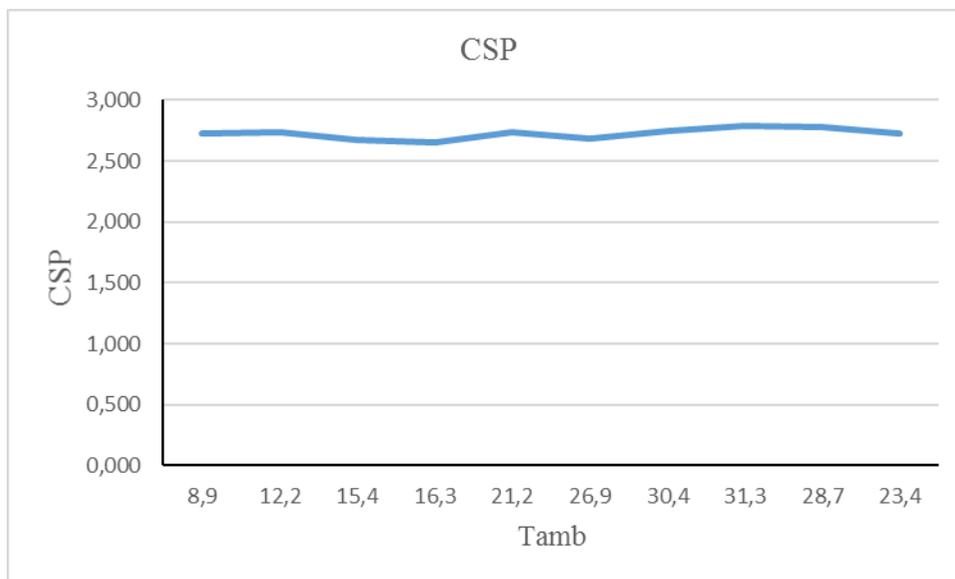


Figure IV. 10: Courbe des valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 2

Groupe 3

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T _{amb} (°C) | 11,2 | 11,3 | 17,8 | 22,0 | 20,2 | 27,7 | 34,9 | 30,6 | 28,9 | 17,5 |
| CSP (Th/kWh) | 2,658 | 2,676 | 2,695 | 2,669 | 2,646 | 2,638 | 2,738 | 2,704 | 2,626 | 2,625 |

Tableau IV. 31: Valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 3

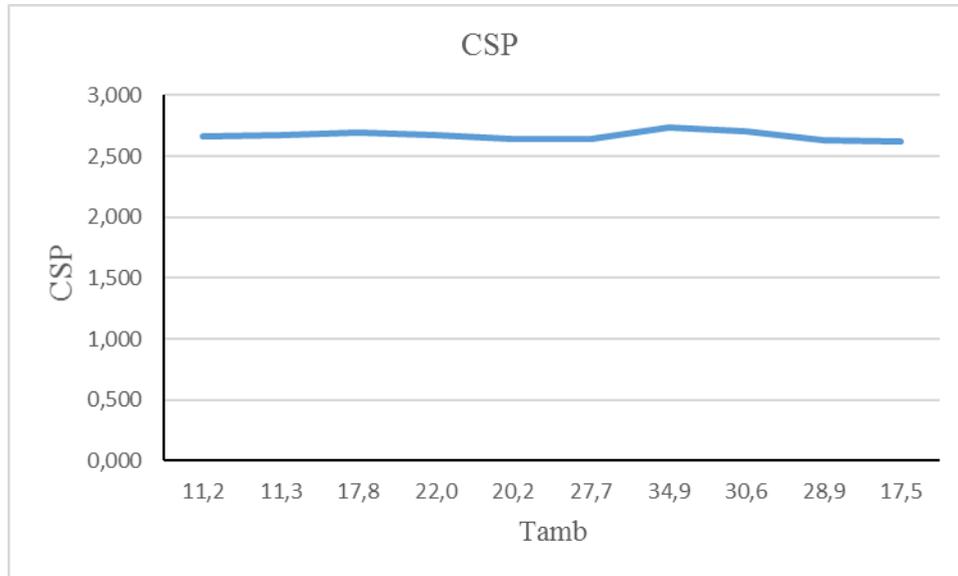


Figure IV. 11: Courbe des valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 3

Groupe 4

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T _{amb} (°C) | 11,2 | 11,3 | 17,8 | 22 | 20,2 | 27,7 | 34,9 | 30,6 | 29,1 | 17,5 |
| CSP (Th/kWh) | 2,647 | 2,62 | 2,669 | 2,663 | 2,637 | 2,631 | 2,705 | 2,698 | 2,621 | 2,611 |

Tableau IV. 32: Valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 4

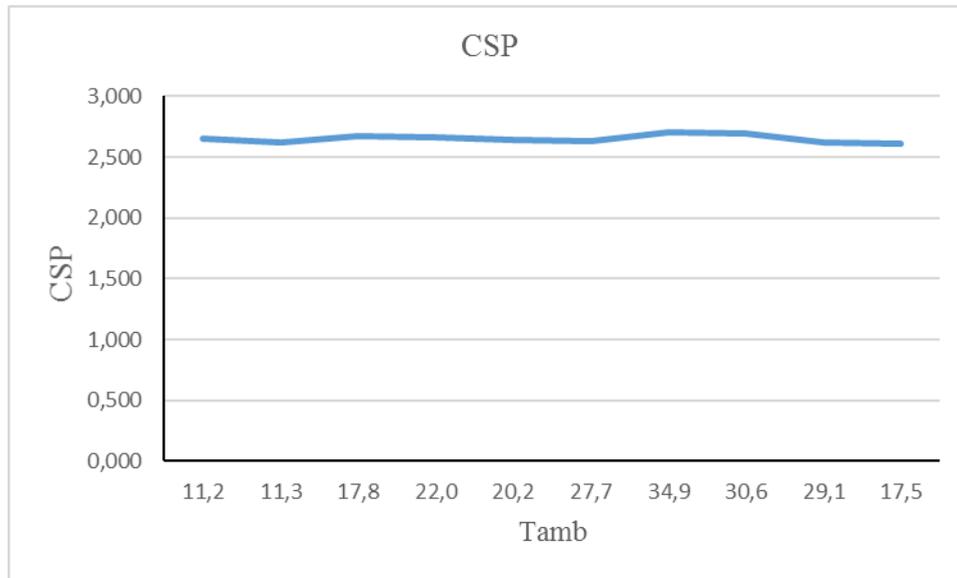


Figure IV. 12: Courbe des valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 4

Groupe 5

| T _{amb} (°C) | 9,1 | 11,0 | 15,3 | 19,1 | 19,9 | 36,8 | 32,5 | 30,6 | 27,8 | 20,6 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CSP (Th/kWh) | 2,636 | 2,644 | 2,676 | 2,693 | 2,633 | 2,721 | 2,686 | 2,718 | 2,637 | 2,640 |

Tableau IV. 33: Valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 5

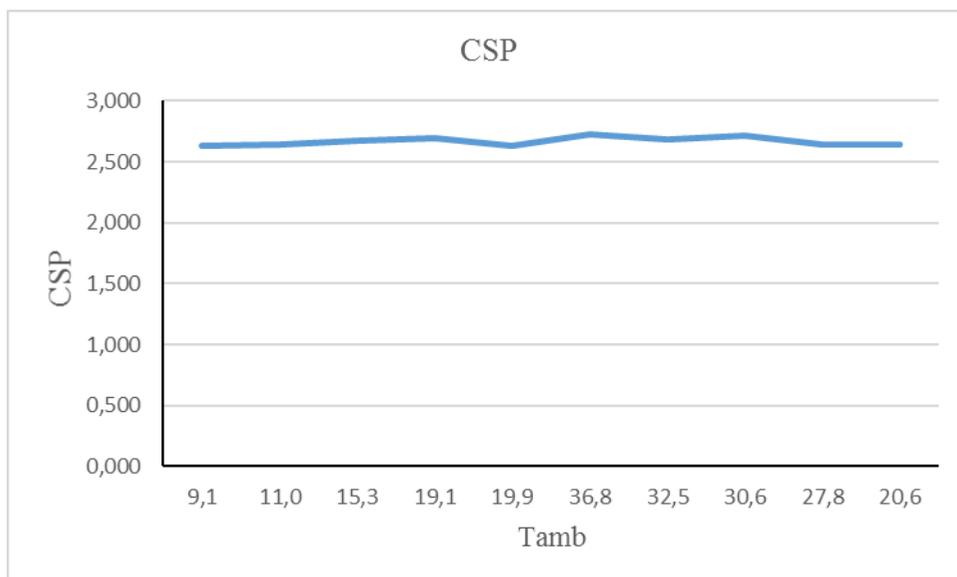


Figure IV. 13: Courbe des valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 5

Groupe 6

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T_{amb} (°C) | 8,6 | 10,2 | 14,7 | 18,7 | 21,0 | 36,8 | 31,7 | 30,1 | 27,5 | 20,1 |
| CSP (Th/kWh) | 2,611 | 2,620 | 2,651 | 2,682 | 2,613 | 2,723 | 2,676 | 2,704 | 2,605 | 2,608 |

Tableau IV. 34: Valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 6

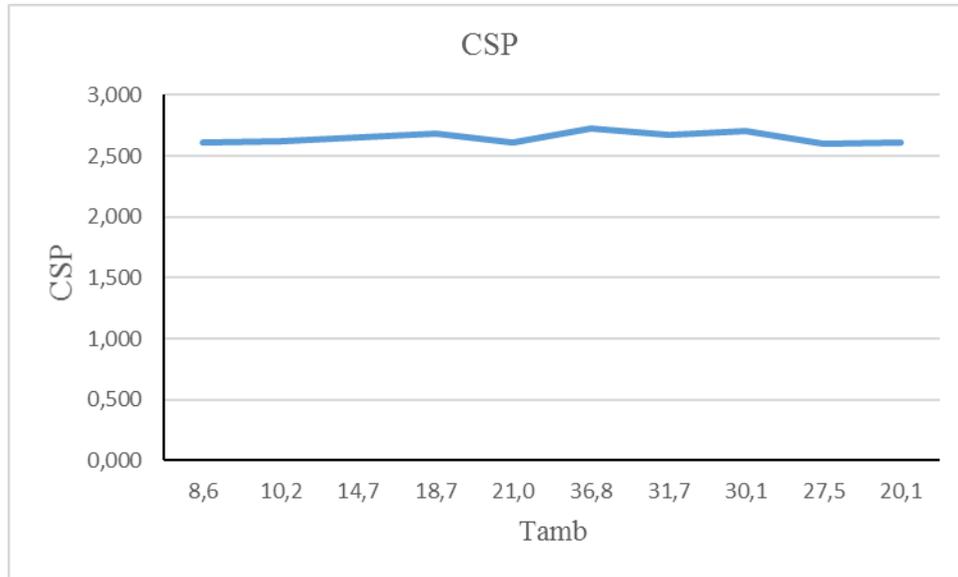


Figure IV. 14: Courbe des valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 6

Groupe 7

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T_{amb} (°C) | 8,7 | 17,1 | 12,1 | 24,4 | 26,8 | 29,5 | 32,0 | 34,1 | 31,1 | 19,6 |
| CSP (Th/kWh) | 2,611 | 2,679 | 2,639 | 2,671 | 2,635 | 2,605 | 2,645 | 2,726 | 2,607 | 2,627 |

Tableau IV. 35 : Valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 7

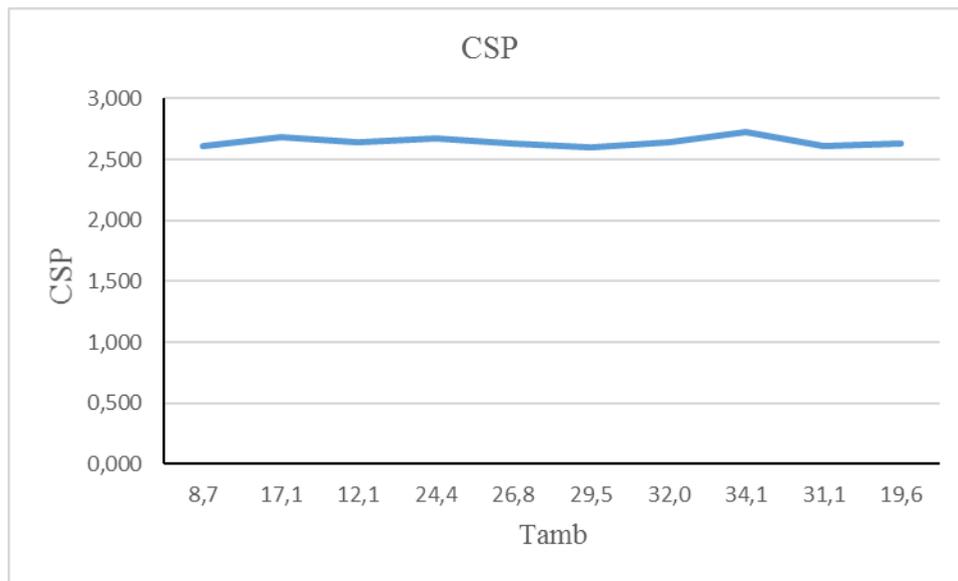


Figure IV. 15: Courbe des valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 7

Groupe 8

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T _{amb} (°C) | 7,8 | 15,9 | 12,1 | 24,7 | 26,8 | 27,8 | 30,4 | 32,8 | 30,8 | 19,2 |
| CSP (Th/kWh) | 2,617 | 2,679 | 2,645 | 2,673 | 2,643 | 2,608 | 2,654 | 2,633 | 2,615 | 2,637 |

Tableau IV. 36: Valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 8

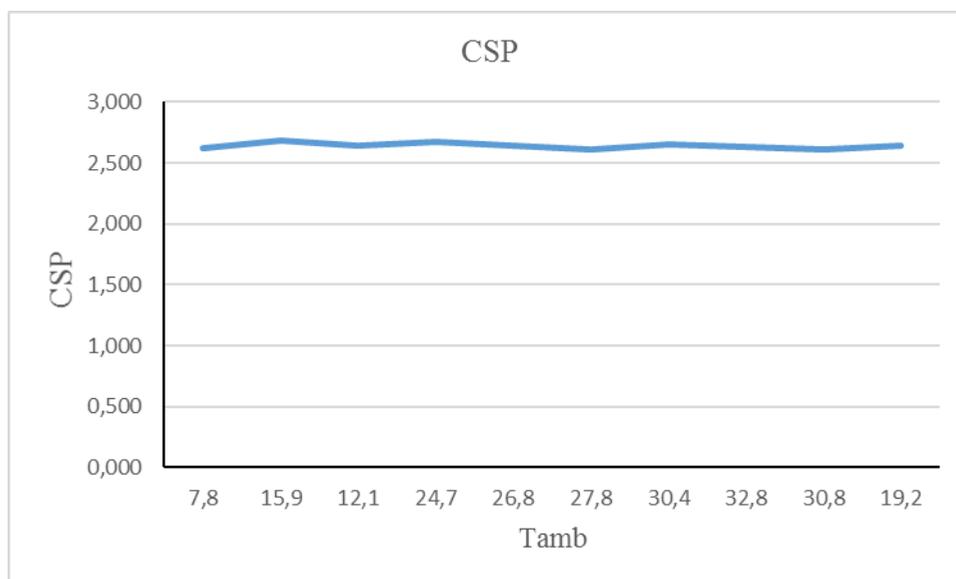


Figure IV. 16: Courbe des valeurs de CSP en fonction des températures ambiantes pour le groupe 8

IV.3.3.CSP, fonction de puissances nettes

Groupe 1

| | | | | | | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P_{BU} (kW) | 20907 | 19914 | 21908 | 23168 | 23054 | 22535 | 20928 | 18940 | 17954 | 17935 |
| CSP (Th/kWh) | 2,692 | 2,727 | 2,745 | 2,609 | 2,661 | 2,612 | 2,689 | 2,757 | 2,791 | 2,728 |

Tableau IV. 37: Valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 1

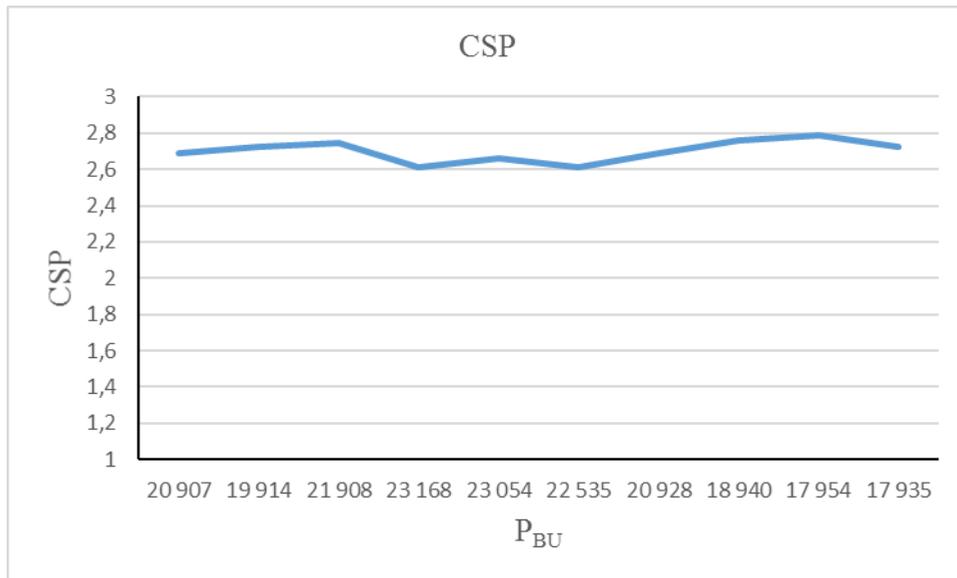


Figure IV. 17: Courbe des valeurs de CSP en fonction des puissance nettes pour le groupe1

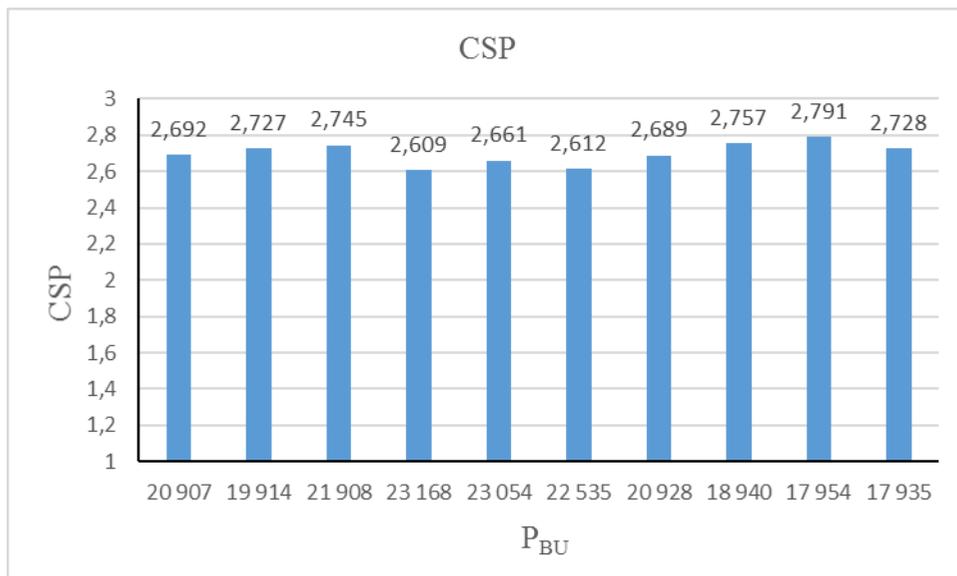


Figure IV. 18 : Histogramme des valeurs de CSP en fonction de la puissances nette pour le groupe 1

Groupe 2

| P_{BU} (kW) | 19 865 | 19 863 | 21 873 | 20 883 | 19 887 | 19 893 | 18 904 | 17 916 | 17 915 | 17 907 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CSP (Th/kWh) | 2,727 | 2,734 | 2,675 | 2,654 | 2,737 | 2,680 | 2,745 | 2,788 | 2,783 | 2,728 |

Tableau IV. 38: Valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 2

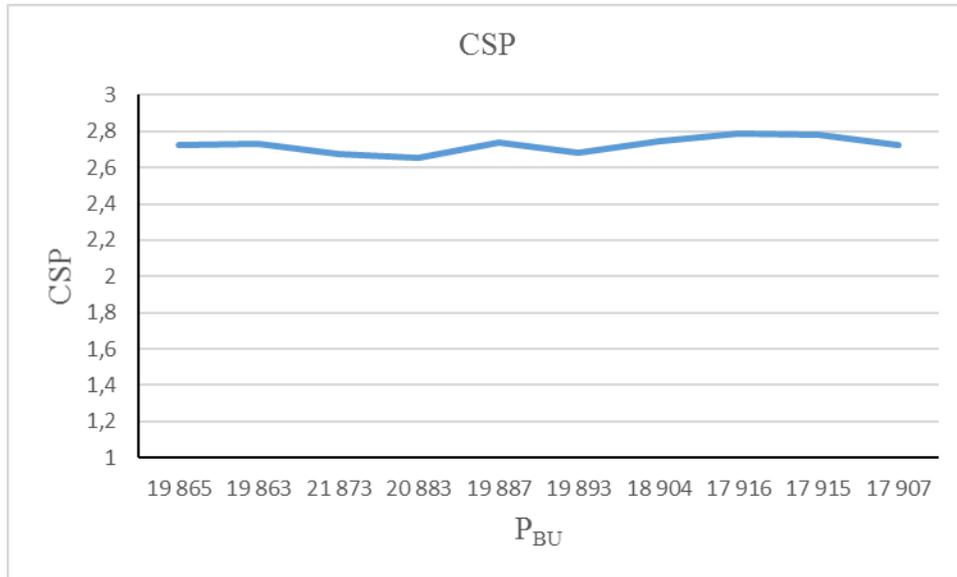


Figure IV. 19: Courbe des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 2

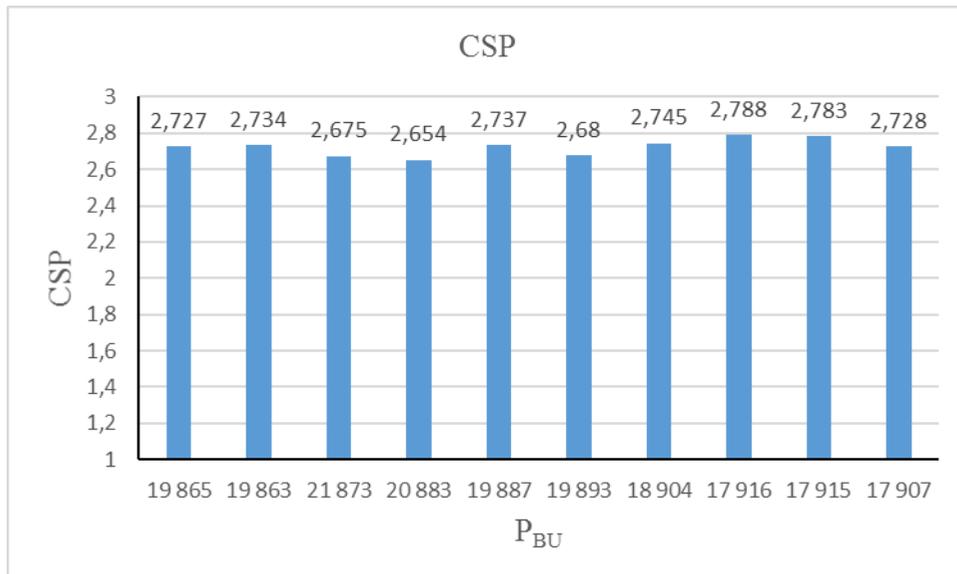


Figure IV. 20 : Histogramme des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 2

Groupe 3

| | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| P_{BU} (kW) | 24 087 | 22 261 | 21 265 | 22 334 | 22 886 | 22 161 | 20 557 | 21 737 | 22 085 | 23 287 |
| CSP (Th/kWh) | 2,658 | 2,676 | 2,695 | 2,669 | 2,646 | 2,638 | 2,738 | 2,704 | 2,626 | 2,625 |

Tableau IV. 39: Valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 3

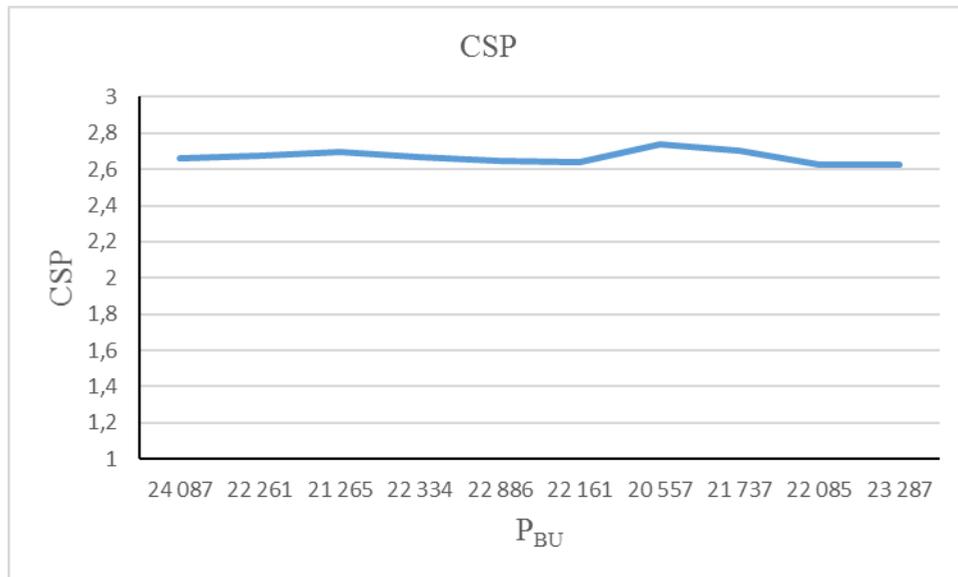


Figure IV. 21: Courbe des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 3

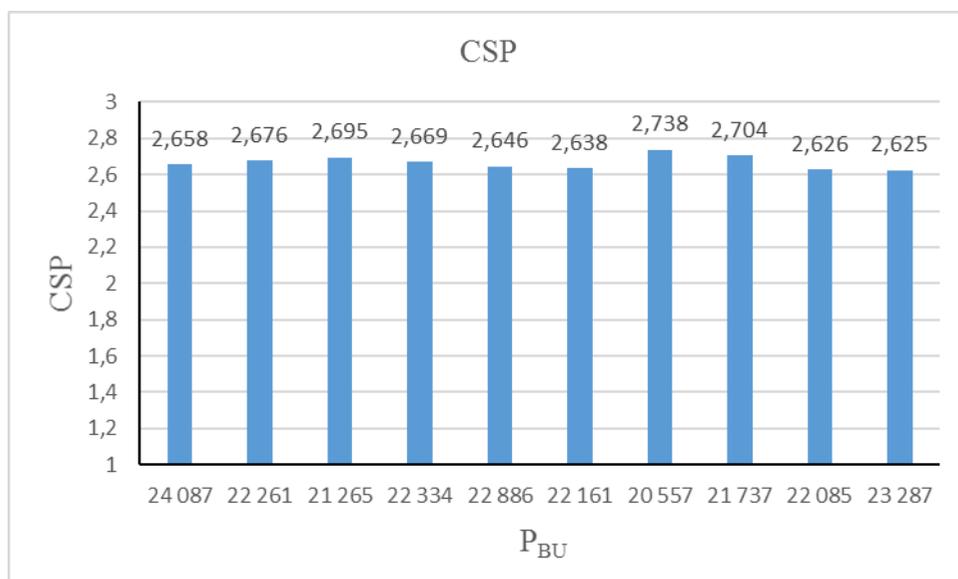


Figure IV. 22: Histogramme des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 3

Groupe 4

| | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| P_{BU} (kW) | 23 479 | 23 786 | 22 750 | 21 718 | 22 277 | 21 553 | 19 956 | 21 123 | 21 516 | 22 663 |
| CSP (Th/kWh) | 2,647 | 2,620 | 2,669 | 2,663 | 2,637 | 2,631 | 2,705 | 2,698 | 2,621 | 2,611 |

Tableau IV. 40: Valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 4

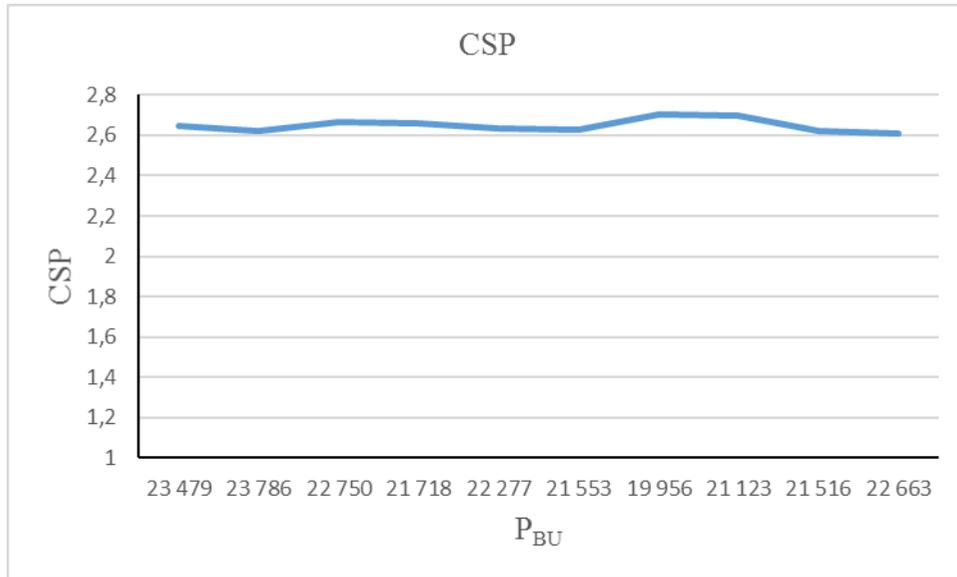


Figure IV. 23: Courbe des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 4

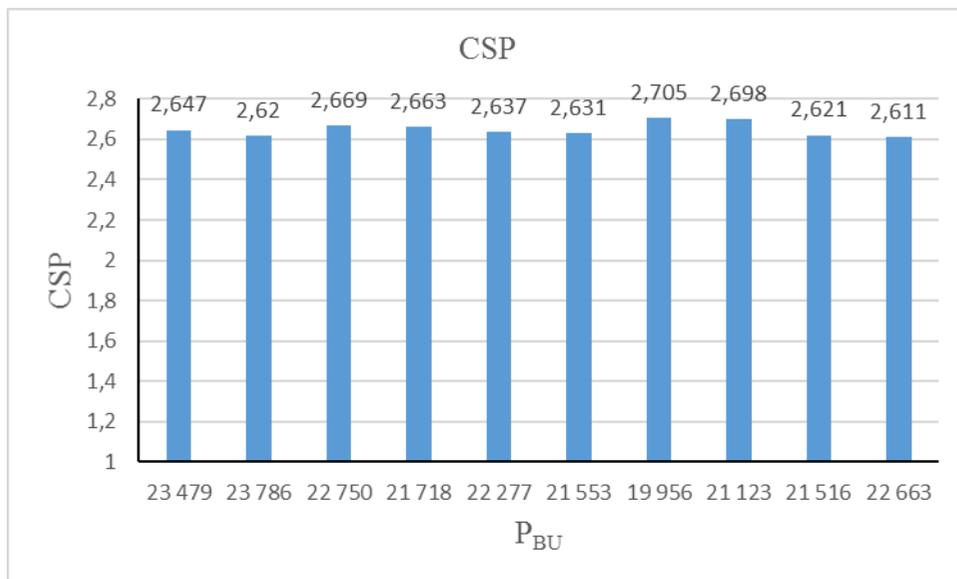


Figure IV. 24: Histogramme des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 4

Groupe 5

| | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| P_{BU} (kW) | 24 074 | 24 451 | 23 522 | 22 872 | 22 575 | 20 062 | 20 920 | 21 393 | 21 640 | 22 622 |
| CSP (Th/kWh) | 2,636 | 2,644 | 2,676 | 2,693 | 2,633 | 2,721 | 2,686 | 2,718 | 2,637 | 2,640 |

Tableau IV. 41: Valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 5

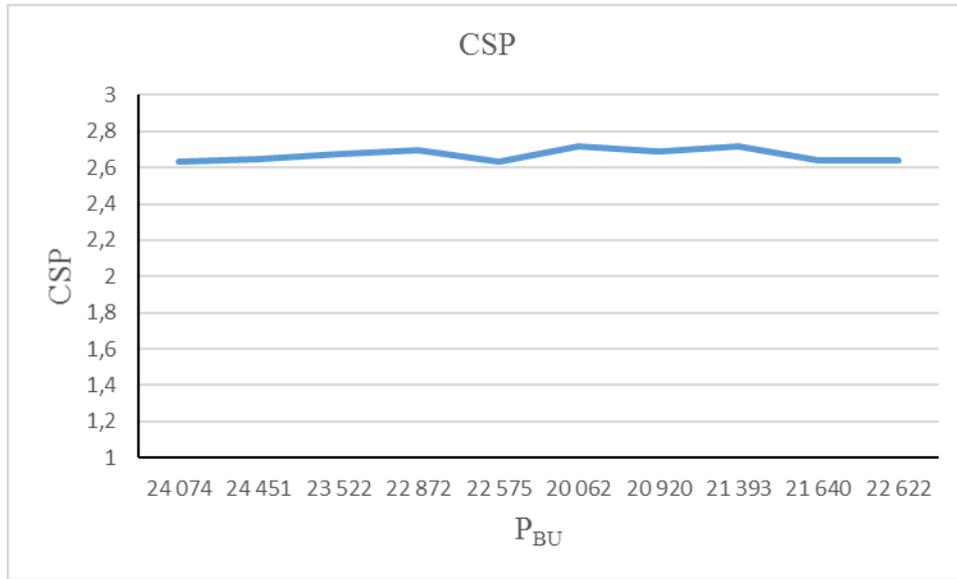


Figure IV. 25: Courbe des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 5

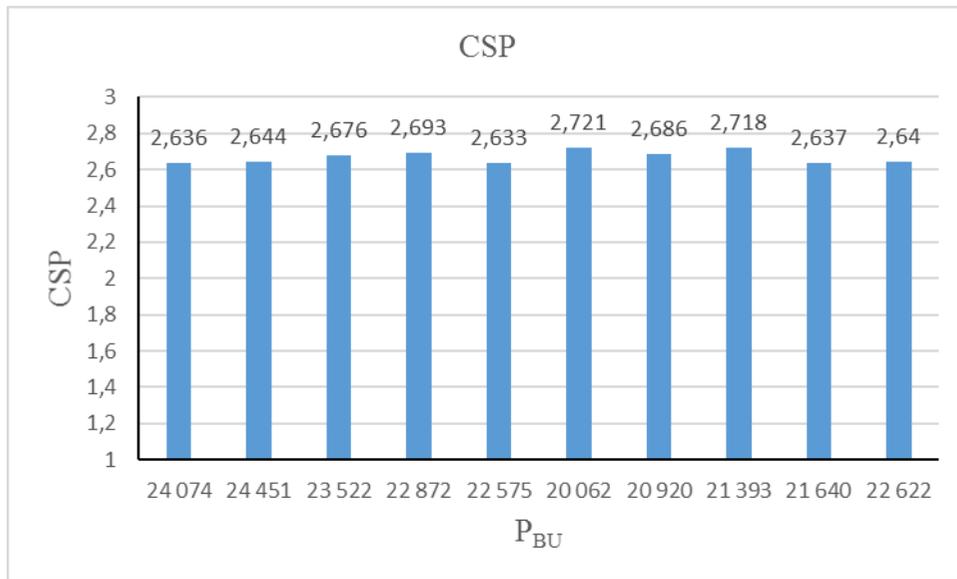


Figure IV. 26: Histogramme des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 5

Groupe 6

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| P_{BU} (kW) | 24 672 | 25 018 | 24 101 | 23 372 | 22 796 | 20 332 | 21 345 | 21 857 | 23 478 | 23 170 |
| CSP (Th/kWh) | 2,611 | 2,620 | 2,651 | 2,682 | 2,613 | 2,723 | 2,676 | 2,704 | 2,605 | 2,608 |

Tableau IV. 42: Valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 6

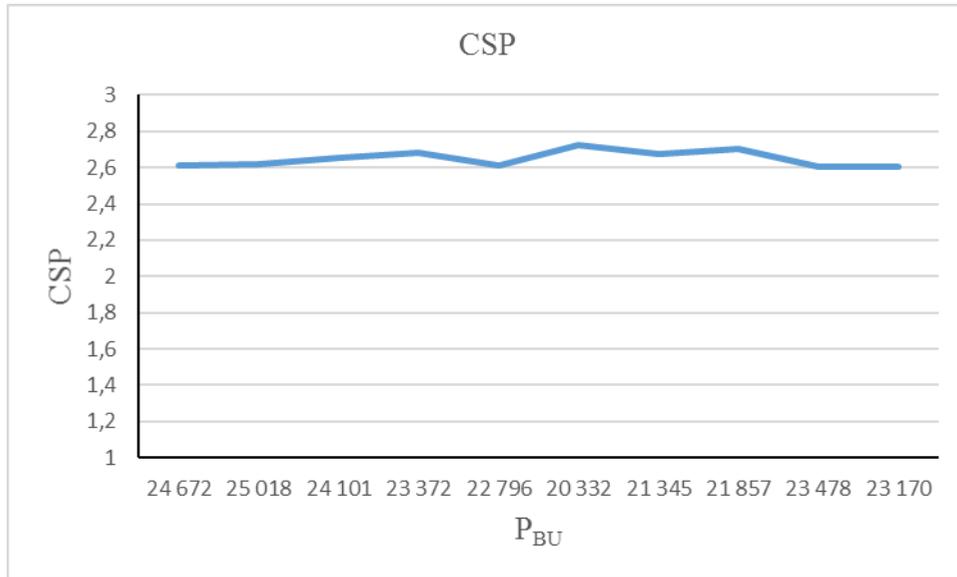


Figure IV. 27 : Courbe des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 6

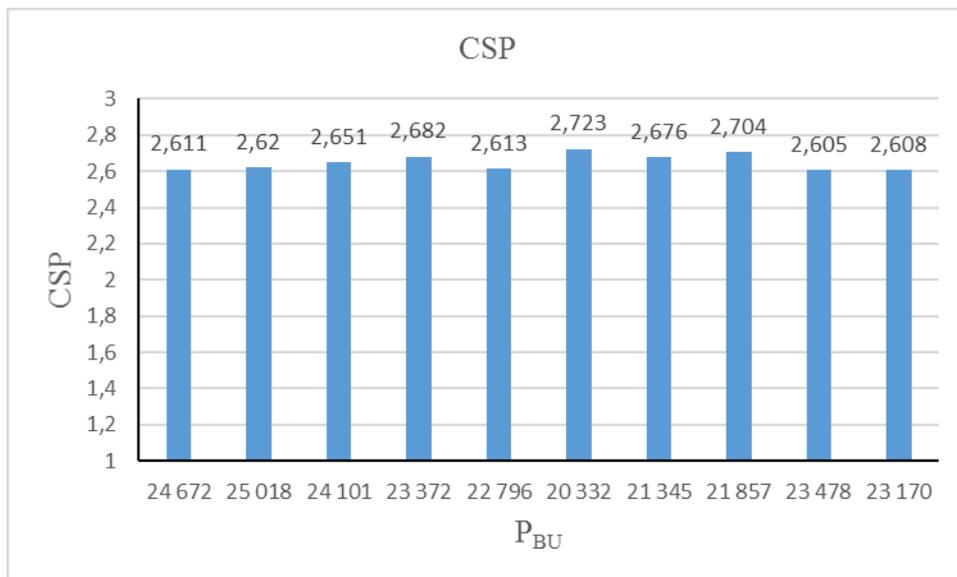


Figure IV. 28: Histogramme des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 6

Groupe 7

| | | | | | | | | | | |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| P_{BU} (kW) | 24 469 | 24 283 | 24 605 | 22 697 | 22 215 | 22 280 | 21 670 | 21 590 | 21 816 | 23 299 |
| CSP (Th/kWh) | 2,611 | 2,679 | 2,639 | 2,671 | 2,635 | 2,605 | 2,645 | 2,726 | 2,607 | 2,627 |

Tableau IV. 43 : Valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 7

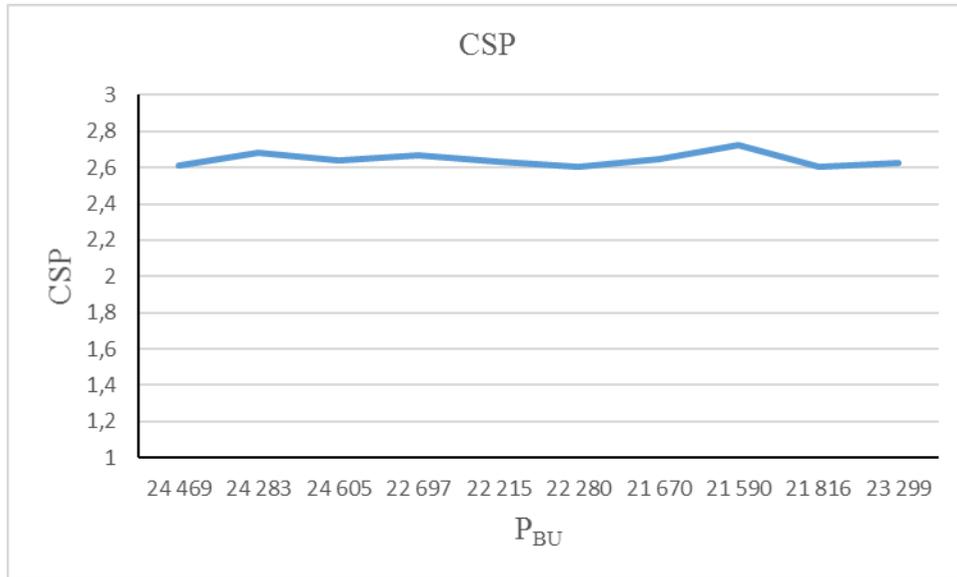


Figure IV. 29: Courbe des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 7

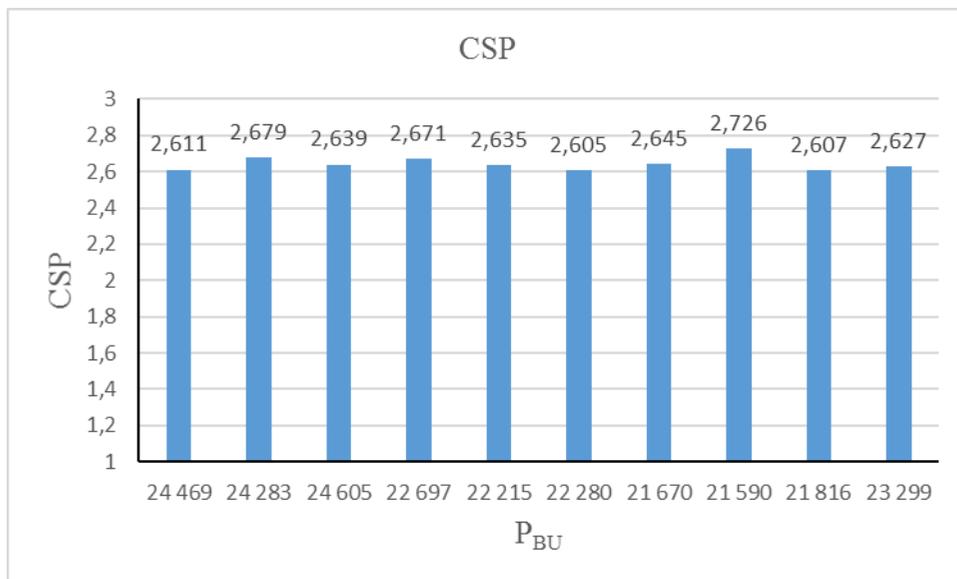


Figure IV. 30: Histogramme des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 7

Groupe 8

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| P_{BU} (kW) | 23 774 | 23 564 | 23 781 | 21 898 | 21 424 | 21 488 | 20 951 | 20 818 | 21 097 | 22 495 |
| CSP (Th/kWh) | 2,617 | 2,679 | 2,645 | 2,673 | 2,643 | 2,608 | 2,654 | 2,633 | 2,615 | 2,637 |

Tableau IV. 44 : Valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 8

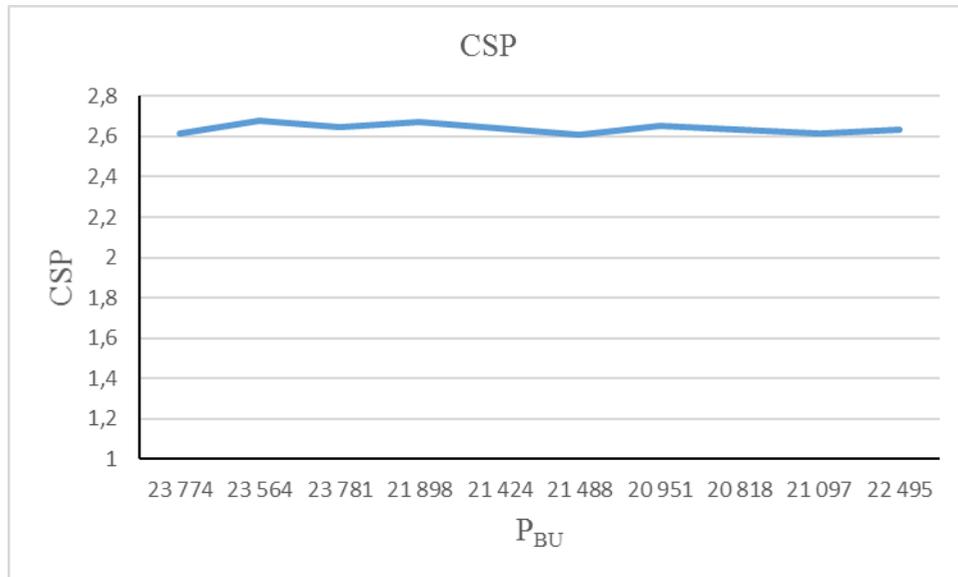


Figure IV. 31: Courbe des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 8

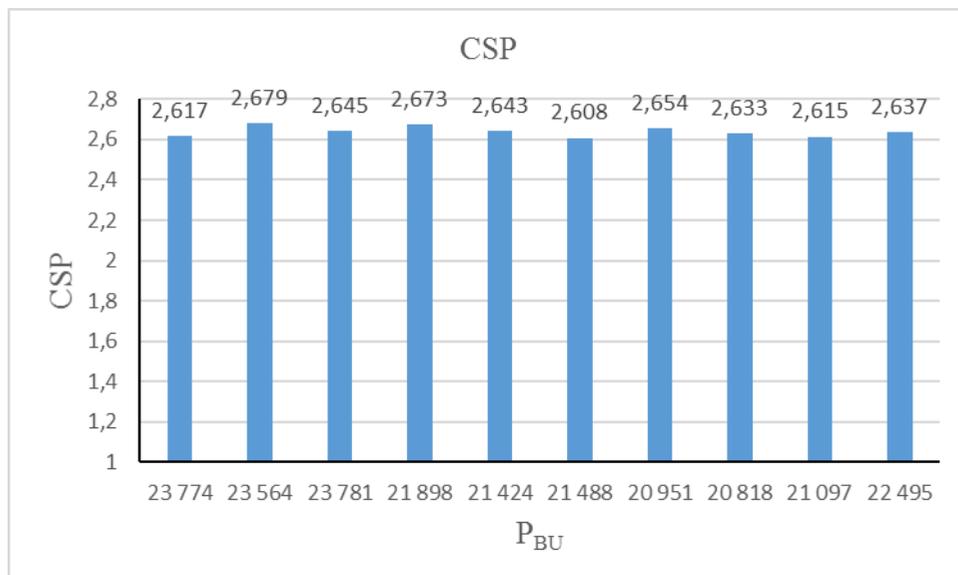


Figure IV. 32: Histogramme des valeurs de CSP en fonction des puissances nettes pour le groupe 8

IV.4. Discussions des résultats des essais

IV.4.1. CSP, fonction des mois

D'après les courbes précédentes des résultats de CSP en fonction des mois, nous remarquons que les valeurs des CSP varient dans tous les groupes d'un mois à un autre. Cette variation nous montre que les valeurs à l'hiver démunies par rapport à l'été. Ces variations sont dues aux conditions d'exploration et aussi aux conditions climatiques durant les essais.

IV.4.2. CSP, fonction des Températures ambiantes

Les courbes nous montrent l'influence de la température ambiante sur la CSP. Cette variation est proportionnelle c'est à dire lorsque la température ambiante augmente la valeur de la CSP augmente. La température ambiante influe sur le débit massique d'air (si la température augmente le débit d'air diminue), donc la consommation spécifique augmente.

IV.4.3. CSP, fonction des puissances nettes

D'après les histogrammes et les courbes des valeurs de la CSP en fonction des puissances nettes produites par les groupes, on remarque que si la puissance nette augmente la CSP diminue.

IV.5. Comparaison des performances des groupes

| Groupes | CSP (kcal/kWh) |
|---------|----------------|
| 1 | 2 907,26 |
| 2 | 2676,02 |
| 3 | 2 670,63 |
| 5 | 2 674,82 |
| 6 | 2 655,72 |
| 8 | 2 681,05 |

Tableau IV. 45: Valeurs de CSP des groupes durant 05/2022

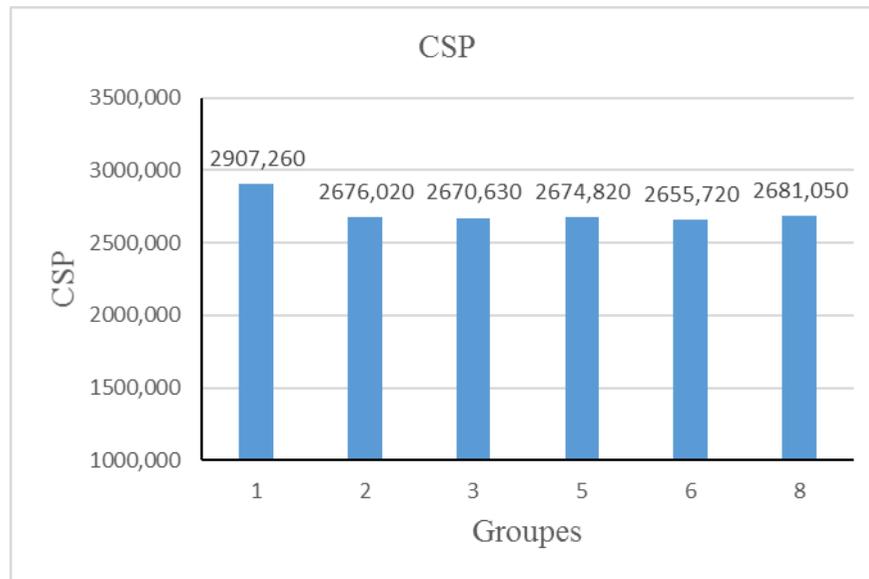


Figure IV. 33: Histogramme de comparaison entre les valeurs de CSP des groupes durant l'essai de mois de mai 2022

IV.5.1. Interprétation des résultats

La figure IV .1 représente un histogramme de comparaison entre les valeurs de tous les groupes durant le dernier essai effectué dans la centrale d'Amizour en mois de Mai 2022. L'histogramme nous montre que la valeur de la CSP varie d'un groupe à l'autre. On remarque que les groupes (6) et (3) marquent une meilleure performance avec des valeurs de CSP qui sont 2655,72 [kcal /kWh] et 2670,63 [kcal /kWh], quant au groupe (1) il présente la plus grande valeur de CSP qui sont 2907, 36 [kcal /kWh]. Et c'est dû à la limitation du groupe en puissance causé par un défaut d'étanchéité d'huile au niveau d'un palier du générateur de gaz, ce qui nécessite une réparation.

IV.6.Recommandations

Afin d'améliorer la performance des groupes de production électrique de la Centrale d'AMIZOUR, nous recommandons ce qui suit :

- Réparation du groupe 1 afin de l'exploiter dans les meilleures conditions de performance (charge de base) ;
- Procéder au nettoyage des compresseurs recommandés par le Constructeur qui va influencer positivement sur le rendement et la performance des groupes ;

-
- Veillez à la réalisation des analyses mensuelles du gaz naturel afin d'actualiser les valeurs de la masse volumique et PCS ;
 - Utilisations des systèmes de refroidissement, afin de rafraîchir l'air atmosphérique.

IV.7.Conclusion

A travers ce chapitre on peut déduire que la valeur de la CSP varie d'un mois à un autre. Cette variation est due à plusieurs paramètres internes et externes dont on peut citer la température ambiante, la pression, l'humidité, les poussières et aussi les travaux d'entretien.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Ce mémoire nous a permis d'acquérir des connaissances pratiques sur l'importance des turbines à gaz mobiles dans la production l'électricité dans notre pays. Une étude thermodynamique des turbines à gaz a été réalisée dans le deuxième chapitre, montre que ses performances dépendent sensiblement de la température ambiante.

Nous avons eu la chance de voir de près le fonctionnement d'un groupe TG FT8 et d'assister à la réalisation des essais de performances sur une TG mobile dans la centrale d'Amizour, les conditions de réalisation d'essai et la procédure à suivre, les paramètres mesurés.

L'Algérie fait partie des grands producteurs de gaz ce qui fait que la production d'électricité est basée essentiellement sur le gaz naturel, mais cela ne doit pas conduire à gaspiller cette source d'énergie. SONELGAZ est face à un défi de rentabiliser au maximum la consommation de cette énergie d'où le sujet de notre mémoire. Notre étude est basée sur le calcul de la consommation spécifique et l'impact des conditions climatiques sur sa variation.

Les calculs de la consommation spécifique d'un groupe TG mobile nous permettent de découvrir que ce dernier a une grande sensibilité à la température ambiante, pression atmosphérique et l'humidité relative. L'influence de ces paramètres cause une dégradation de performance de ce groupe ce qui mène à une consommation élevée et une diminution de puissance nette et du rendement.

Des actions d'amélioration ont été préconisées à la centrale d'Amizour afin d'améliorer le rendement et les performances des groupes. Ces actions sont fortement recommandées non seulement afin d'avoir des groupes performants, mais aussi de faire marcher ces derniers à la charge nominale.

En effet, la consommation spécifique représente la valeur de la thermie à injecter pour produire le kilowattheure. Cette valeur mesure la performance des groupes, plus on marche à la charge nominale, plus on consomme moins de gaz. Donc avoir un prix de revient du kilowattheure moins coûteux.

Durant la période d'été, le refroidissement de l'air d'aspiration permet au groupe de produire sa puissance nominale, donc une performance meilleure.

La variation des paramètres du gaz naturel qui présente la matière première de tout le processus de production d'énergie électrique dans une centrale à gaz, influe conséquemment sur les résultats des calculs de la CSP. Afin d'éviter des dégradations de la consommation spécifique à cause de ces paramètres, les analyses chromatographiques du gaz naturel sont fortement recommandées mensuellement.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] <https://www.sonelgaz.dz/fr/category/qui-sommes-nous>
- [2] Document délivré par Sonelgaz.
- [3] « Programme de formation au FT8 », PRATT & WHITNEY POWER SYSTEMS, Édition publiée en AOÛT 2009.
- [4] Présentation de centrale d'Amizour, document délivré par Sonelgaz.
- [5] <https://www.sab-cable.eu>.
- [6] Slimani Ibrahim, Elhelli Lamine, étude des possibilités d'amélioration des performances d'une turbine à gaz PWPS FT8, mémoire de fin d'étude en mécanique option énergétiques, université KASDI MERBAH-OUARGLA Année Universitaire 2017/2018.
- [7] Belhadj Walid, Etude de l'influence de l'injection de la vapeur d'eau et du refroidissement de l'air d'admission dans une turbine à gaz, mémoire de fin d'étude en mécanique option conversion d'énergie, université M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES Année Universitaire 2016/2017.
- [8] Abderrahmane DJERRADA, cycles turbines à gaz.
- [9] Document délivré par Sonelgaz.
- [10] <https://fr.scribd.com/document/368284426/4>.
- [11] Chadi najwa, Etude des essais de performance et calcul de la consommation spécifique pour une turbine à gaz, mémoire fin d'étude en mécanique, université Saad Dahlab de Blida.
- [12] Projet professionnelle LIDJIARE Bekhti, GRAIRIA Mohamad, Institut de formation et d'évaluation, issu de la restructuration de SONELGAZ, Mai 2015

ANNEXES

ANNEXE

| | M ₁ | M ₂ | M ₃ | M ₄ | M _{moy} |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| P _{aux. com} (MW) | 0,0395 | 0,0341 | 0,0350 | 0,0339 | 0,0356 |
| HR (%) | 56,94 | 58,76 | 58,86 | 59,97 | 58,63 |
| T _a (°F) | 85,80 | 84,79 | 84,23 | 84,02 | 84,71 |
| Q _g (lbs/hr) | 7684,18 | 7719,77 | 7715,26 | 7698,32 | 7704,38 |

Annexe A.A : Moyenne des mesures prises durant l'essai

| <u>Analyse du gaz</u> | | |
|-----------------------|---------------------|---------------|
| | | |
| Eléments | | % |
| Azote | | 1,07 |
| Dioxyde de carbone | | 2,49 |
| Méthane | | 84,10 |
| Ethane | | 10,39 |
| Propane | | 1,55 |
| i-Butane | | 0,15 |
| n-Butane | | 0,23 |
| i-Pentane | | 0,01 |
| n-Pentane | | 0,01 |
| Hexane | | 0,00 |
| Heptane | | 0,00 |
| Total | | 100,00 |
| Masse volumique | kg / m ³ | 0,75550141 |
| Densité | | 0,61673584 |
| Poids moléculaire | g/mol | 17,952 |
| PCS | kcal/m ³ | 9400 |
| PCI | kcal/m ³ | 8545,45 |

Annexe A.B : Caractéristiques du gaz combustible utilisé durant l'essai

| Correction | Mesure | | Référence CS | | | Facteur correction | Référence ISO | | | Facteur correction | |
|-----------------------------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|--------------------|---------------|------|----|--------------------|-------|
| | Données mesuré | Facteur | Données mesuré | Facteur | Données mesuré | | Facteur | | | | |
| T° ambiante/CSP | 29,28 | °C | 0,988 | 35 | °C | 0,983 | 1,005 | 15 | °C | 1,000 | 0,998 |
| T° ambiante/P | 29,28 | °C | 0,923 | 35 | °C | 0,896 | 1,031 | 15 | °C | 1,000 | 0,923 |
| Humidité relative/débit gaz | 58,63 | % | 1,0245 | 75 | % | 1,035 | 0,990 | 60 | % | 1,026 | 0,999 |
| Humidité relative/P | 58,63 | % | 1,0205 | 75 | % | 1,0315 | 0,989 | 60 | % | 1,022 | 0,999 |
| Facteur de puissance/P | 0,93 | / | 1,0051 | 0,85 | / | 1,002 | 1,003 | 0,85 | / | 1,002 | 1,003 |
| Facteur de puissance/CSP | 0,93 | / | 0,9950 | 0,85 | / | 0,998 | 0,997 | 0,85 | / | 0,998 | 0,997 |
| Pression Amb/P | 1,0010 | Bar | 1,01000 | Bar | | 0,988 | 1,01325 | Bar | | 0,988 | |
| θ T2 Test/Réf | 302,85 | °K | 308,15 | °K | | 1,051 | 288,15 | °K | | 1,051 | |

Annexe A.C : Corrections effectuées sur les mesures prises durant l'essai

| Calcul | Mesures | | | |
|------------------------|------------------|-----------------------|------------|------------|
| | Données mesurées | | correct CS | correct CI |
| Puissance active | 14,99 | MW | 14,75 | 16,36 |
| Charge des auxiliaires | 35,61878 | kW | / | / |
| Débit gaz | 3494,653 | kg/hr | 3512,43 | 3452,72 |
| | 4625,608 | M ³ (n)/hr | 4649,136 | 4570,1 |
| CSP/PCS | 12166,89 | kJ/Kwh | 12265,73 | 12057,22 |
| | 2907,26 | kcal/Kwh | 2930,88 | 2881,06 |
| CSP/PCI | 11060,81 | kJ/Kwh | 11150,67 | 10961,11 |
| | 2643 | kcal/Kwh | 2664 | 2619 |

Annexe A.D : Calcul de la valeur de la CSP

| | M ₁ | M ₂ | M ₃ | M ₄ | M _m |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| P _{aux. com} (MW) | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| HR (%) | 56,94 | 58,76 | 58,86 | 59,97 | 58,63 |
| T _a (°F) | 85,80 | 84,79 | 84,23 | 84,02 | 84,71 |
| Q _g (lbs/hr) | 10049,13 | 10069,24 | 10086,74 | 10092,90 | 10074,51 |

Annexe A.E: Moyenne des mesures prises durant l'essai

| Correction | Mesure | | | Référence CS | | | Facteur correction | Référence ISO | | | Facteur correction |
|-----------------------------|----------------|---------|--------|----------------|---------|--------|--------------------|----------------|---------|-------|--------------------|
| | Données mesuré | Facteur | | Données mesuré | facteur | | | Données mesuré | Facteur | | |
| T° ambiante/CS P | 29,28 | °C | 0,988 | 35 | °C | 0,983 | 1,005 | 15 | °C | 1,000 | 0,988 |
| T° ambiante/P | 29,28 | °C | 0,923 | 35 | °C | 0,896 | 1,031 | 15 | °C | 1,000 | 0,923 |
| Humidité relative/débit gaz | 58,63 | % | 1,0245 | 75 | % | 1,035 | 0,990 | 60 | % | 1,026 | 0,999 |
| Humidité relative/P | 58,63 | % | 1,0205 | 75 | % | 1,0315 | 0,989 | 60 | % | 1,022 | 0,999 |
| Facteur de puissance/P | 0,96 | / | 1,0061 | 0,85 | / | 1,002 | 1,004 | 0,85 | / | 1,002 | 1,004 |
| Facteur de puissance/CS P | 0,96 | / | 0,9940 | 0,85 | / | 0,998 | 0,996 | 0,85 | / | 0,998 | 0,996 |
| Pression Amb/P | 0,9997 | Bar | | 1,01000 | Bar | | 0,990 | 1,01325 | Bar | | 0,987 |
| θ T2 Test/Réf | 304,49 | °K | | 308,15 | °K | | 0,988 | 288,15 | °K | | 1,057 |

Annexe A.F: Corrections effectuées sur les mesures prises durant l'essai

| Calcul | Mesure | | | |
|--------------------|----------------|-----------------------|------------|------------|
| | Données mesuré | | correct CS | correct CI |
| Puissance active | 21,28 | MW | 20,96 | 23,25 |
| Charge auxiliaires | 30 | Kw | | |
| Débit gaz | 4569,724 | kg/hr | 4592,97 | 4514,89 |
| | 6048,598 | M ³ (n)/hr | 6079,364 | 5976,015 |
| CSP/PCS | 11199,13 | kJ/kWh | 11301,45 | 11109,33 |
| | 2676,02 | kcal/kWh | 2700,47 | 2654,56 |
| CSP/PCI | 10181,03 | kJ/kWh | 10274,05 | 10099,39 |
| | 2433 | kcal/kWh | 2455 | 2413 |

Annexe A.G: Calcul de la valeur de la CSP

| | M ₁ | M ₂ | M ₃ | M ₄ | M _m |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| P _{aux. com} (MW) | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,048 |
| HR (%) | 56,94 | 58,76 | 58,86 | 59,97 | 58,63 |
| T _a (°F) | 85,80 | 84,79 | 84,23 | 84,02 | 84,71 |
| Q _g (lbs/hr) | 10291,55 | 10314,41 | 10325,23 | 10326,81 | 10314,50 |

Annexe A.H: Moyenne des mesures prises durant l'essai

| Correction | Mesure | | Référence CS | | Facteur correctio n | Référence ISO | | Facteur correctio n | | | | |
|-----------------------------|----------------|-------------|----------------|-------------|------------------------|----------------|-------------|------------------------|---------|-----|-------|-------|
| | Données mesuré | Facteu r | Données mesuré | Facteu r | | Données mesuré | Facteu r | | | | | |
| T° ambiante/CS P | 29,28 | °C | 0,988 | | 35 | °C | 0,983 | 1,005 | 15 | °C | 1,000 | 0,988 |
| T° ambiante/P | 29,28 | °C | 0,923 | | 35 | °C | 0,896 | 1,031 | 15 | °C | 1,000 | 0,923 |
| Humidité relative/débit gaz | 58,63 | % | 1,0245 | | 75 | % | 1,035 | 0,990 | 60 | % | 1,026 | 0,999 |
| Humidité relative/P | 58,63 | % | 1,0205 | | 75 | % | 1,0315 | 0,989 | 60 | % | 1,022 | 0,999 |
| Facteur de puissance/P | 0,94 | / | 1,0054 | | 0,85 | / | 1,002 | 1,003 | 0,85 | / | 1,002 | 1,003 |
| Facteur de puissance/CS P | 0,94 | / | 0,9946 | | 0,85 | / | 0,998 | 0,997 | 0,85 | / | 0,998 | 0,997 |
| Pression Amb/P | 0,99916 | Bar | | 1,01000 | Bar | | | 0,989 | 1,01325 | Bar | | 0,986 |
| θ T2 Test/Réf | 301,17 | °K | | 308,15 | °K | | | 0,977 | 288,15 | °K | | 1,045 |

Annexe A.I: Corrections effectuées sur les mesures prises durant l'essai

| Calcul | Mesure | | | |
|--------------------|----------------|-----------------------|------------|------------|
| | Données mesuré | | correct CS | correct CI |
| Puissance active | 21,90 | MW | 21,53 | 23,89 |
| Charge auxiliaires | 104,6337 | Kw | / | / |
| Débit gaz | 4678,584 | Kg/hr | 4702,38 | 4622,44 |
| | 6192,687 | M ³ (n)/hr | 6224,186 | 6118,375 |
| CSP/PCS | 11176,61 | kJ/kWh | 11272,04 | 11080,42 |
| | 2670,63 | kcal/kWh | 2693,44 | 2647,65 |
| CSP/PCI | 10160,55 | kJ/kWh | 10247,31 | 10073,11 |
| | 2428 | kcal/kWh | 2449 | 2407 |

Annexe A.J: Calcul de la valeur de la CSP

| | M ₁ | M ₂ | M ₃ | M ₄ | M _m |
|------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| P _{aux.com} (MW) | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 |
| HR (%) | 56,94 | 58,76 | 58,86 | 59,97 | 58,63 |
| T _a (°F) | 85,80 | 84,79 | 84,23 | 84,02 | 84,71 |
| Q _g (lbs/Hr) | 10051,56 | 10092,89 | 10105,04 | 10112,49 | 10090,49 |

Annexe A.K: Moyenne des mesures prises durant l'essais

| Correction | Mesure | | Référence CS | | Facteur correction | Référence ISO | | Facteur correction |
|-----------------------------|----------------|---------|----------------|---------|--------------------|----------------|---------|--------------------|
| | Données mesuré | Facteur | Données mesuré | Facteur | | Données mesuré | Facteur | |
| T° ambiante/CS P | 29,28 °C | 0,988 | 35 °C | 0,983 | 1,005 | 15 °C | 1,000 | 0,988 |
| T° ambiante/P | 29,28 °C | 0,923 | 35 °C | 0,896 | 1,031 | 15 °C | 1,000 | 0,923 |
| Humidité relative/débit gaz | 58,63 % | 1,0245 | 75 % | 1,035 | 0,990 | 60 % | 1,026 | 0,999 |
| Humidité relative/P | 58,63 % | 1,0205 | 75 % | 1,0315 | 0,989 | 60 % | 1,022 | 0,999 |
| Facteur de puissance/P | 0,96 | 1,0061 | 0,85 | 1,002 | 1,004 | 0,85 | 1,002 | 1,004 |
| Facteur de puissance/CS P | 0,96 | 0,9940 | 0,85 | 0,998 | 0,996 | 0,85 | 0,998 | 0,996 |
| Pression Amb/P | 0,99483 Bar | | 1,01000 Bar | | 0,985 | 1,01325 Bar | | 0,982 |
| θ T2 Test/Réf | 302,82 °K | | 308,15 °K | | 0,983 | 288,15 °K | | 1,051 |

Annexe A.L: Corrections effectuées sur les mesures prises durant l'essai

| Calcul | Mesure | | | |
|--------------------|----------------|-----------------------|------------|------------|
| | Données mesuré | | correct CS | correct CI |
| Puissance active | 21,37 | MW | 21,11 | 23,42 |
| Charge auxiliaires | 77,35 | Kw | / | / |
| Débit gaz | 4576,975 | kg/hr | 4600,26 | 4522,05 |
| | 6058,195 | M ³ (n)/hr | 6089,01 | 5985,497 |
| CSP/PCS | 11194,13 | kJ/kWh | 11296,51 | 11104,47 |
| | 2675 | kcal/kWh | 2699 | 2653 |
| CSP/PCI | 10176,48 | kJ/Kwh | 10269,56 | 10094,97 |
| | 2432 | kcal/kWh | 2454 | 2412 |

Annexe A.M: Calcul de la valeur de la CSP

| | M ₁ | M ₂ | M ₃ | M ₄ | M _m |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| P _{aux. com} (MW) | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| HR (%) | 56,94 | 58,76 | 58,86 | 59,97 | 58,63 |
| T _a (°F) | 85,80 | 84,79 | 84,23 | 84,02 | 84,71 |
| Q _g (lbs/hr) | 9923,07 | 9952,13 | 9976,51 | 9978,83 | 9957,64 |

Annexe A.N: Moyenne des mesures prises durant l'essais

| Correction | Mesure | | Référence CS | | Facteur correction | Référence ISO | | Facteur correction | |
|-----------------------------|----------------|---------|----------------|---------|--------------------|----------------|---------|--------------------|-------|
| | Données mesuré | Facteur | Données mesuré | Facteur | | Données mesuré | Facteur | | |
| T° ambiante/CS P | 29,28 | °C | 0,988 | | 1,005 | 15 | °C | 1,000 | 0,988 |
| T° ambiante/P | 29,28 | °C | 0,923 | | 1,031 | 15 | °C | 1,000 | 0,923 |
| Humidité relative/débit gaz | 58,63 | % | 1,0245 | | 0,990 | 60 | % | 1,026 | 0,999 |
| Humidité relative/P | 58,63 | % | 1,0205 | | 0,989 | 60 | % | 1,022 | 0,999 |
| Facteur de puissance/P | 0,95 | | 1,0058 | 0,85 | 1,004 | 0,85 | | 1,002 | 1,004 |
| Facteur de puissance/CS P | 0,95 | | 0,9943 | 0,85 | 0,996 | 0,85 | | 0,998 | 0,996 |
| Pression Amb/P | 1,0107 | 4 Bar | 1,0100 | 0 Bar | 1,001 | 1,0132 | 5 Bar | | 0,998 |
| θ T2 Test/Réf | 302,09 | °K | 308,15 | °K | 0,980 | 288,15 | °K | | 1,048 |

Annexe A.O: Corrections effectuer sur les mesure prise durant l'essai

| Calcul | Mesure | | |
|--------------------|----------------|----------|-------------------------|
| | Données mesuré | | correct CS / correct CI |
| Puissance active | 21,09093 | MW | 20,46 / 22,70 |
| Charge auxiliaires | 130 | Kw | / |
| Débit gaz | 4516,713 | kg/Hr | 4539,69 / 4462,51 |
| | 5978,431 | M3(n)/Hr | 6008,84 / 5906,69 |
| CSP/PCS | 11220,18 | kJ/kWh | 11319,48 / 11127,05 |
| | 2681 | kcal/kWh | 2705 / 2659 |
| CSP/PCI | 10200,17 | kJ/Kwh | 10290,44 / 10115,50 |
| | 2437 | kcal/Kwh | 2459 / 2417 |

Annexe A.P: Calcul de la valeur de la CSP

Résumé

Les turbines à gaz fait d'un des meilleures technologies utilisées en Algérie dans le domaine de la production d'électricité. Malgré les avantages que garantis dans ce domaine de production d'électricité ces dernières sont très influencé par les conditions climatiques qui varie considérablement entre le jour et la nuit, l'été et l'hiver, qui influe sur leurs performances à savoir la consommation spécifique ainsi sa puissance nette.

Notre projet consiste à réaliser des essais de performances sur un groupe TG mobile et de calculer les valeurs de la consommation spécifique est faire une comparaison entre les performances des différents groupes installée au niveau du central et aussi pour diffèrent mois d'année.

Mots clé : consommation spécifique, turbine à gaz.

Abstract

Gas turbines are one of the best technologies used in Algeria in the field of electricity production. In spite of the advantages guaranteed in this field of electricity production, they are very much influenced by the climatic conditions which vary considerably between day and night, summer and winter, and which influence their performance, namely the specific consumption and net power.

Our project consists in carrying out performance tests on a mobile TG set and to calculate the values of the specific consumption and to make a comparison between the performances of the various sets installed at the level of the central and also for different months of the year.

Keywords: specific consumption, Gas turbines.

Résumé

Les turbines à gaz font d'un des meilleures technologies utilisées en Algérie dans le domaine de la production d'électricité. Malgré les avantages que garantissent dans ce domaine de production d'électricité ces dernières sont très influencées par les conditions climatiques qui varient considérablement entre le jour et la nuit, l'été et l'hiver, qui influent sur leurs performances à savoir la consommation spécifique ainsi que sa puissance nette.

Notre projet consiste à réaliser des essais de performances sur un groupe TG mobile et de calculer les valeurs de la consommation spécifique et faire une comparaison entre les performances des différents groupes installés au niveau du central et aussi pour différents mois d'année.

Mots clé : consommation spécifique, turbine à gaz.

Abstract

Gas turbines are one of the best technologies used in Algeria in the field of electricity production. In spite of the advantages guaranteed in this field of electricity production, they are very much influenced by the climatic conditions which vary considerably between day and night, summer and winter, and which influence their performance, namely the specific consumption and net power.

Our project consists in carrying out performance tests on a mobile TG set and to calculate the values of the specific consumption and to make a comparison between the performances of the various sets installed at the level of the central and also for different months of the year.

Keywords: specific consumption, Gas turbines.