



AUDIT ÉNERGETIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE
AVEC GRADE DE MASTER
SPECIALITE : GENIE ELECTRIQUE ET ÉNERGETIQUE**

Présenté et soutenu publiquement le 23/07/2021 par

GNAMIEN Koffi Abdoul Fataho (2016 0421)

**Encadreur 2iE : Dr. Sayon SIDIBE, Enseignant à 2iE du Département
Génie Electrique, Énergétique et Industriel.**

**Maître de stage : Ing. Ahossan Pierre ASSIE, Ingénieur Senior chargé de la performance
énergétique, CMVP®.**

Structure d'accueil du stage : SMART ENERGY

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Ing. Francis SEMPORE**

Membres et correcteurs : **Dr. Sayon SIDIBE
Dr. Edem N'TSOUKPOE**

Promotion [2020 - 2021]

DÉDICACE

Je tiens à dédier ce modeste travail :

*À mes parents **Koffi Sinan GNAMIEN** et **Akoua Mawa AMADOU** malheureusement rappelés à Dieu peu de temps avant le début du travail.*

*Je vous exprime ma profonde gratitude ; que Dieu vous fasse miséricorde comme vous n'aviez cessé de m'en procurer depuis ma naissance ; qu'il vous comble au-delà de vos attentes ; oh à toi ma maman chérie qu'**ALLAH** te fasse entrée dans son paradis Firdaw.*

*À mon grand frère en même temps mentor **N'dabi Soualiho GNAMIEN** et sa femme **Mme Sow Nahawa GNAMIEN** pour leur soutien financier, moral, social et familial et qui ont grandement œuvré pour mon passage au sein de l'Institut 2iE.*

*À mes frères et sœurs **Kouamé Mamadou GNAMIEN**, **Koffi Sandoulaye GNAMIEN**, **Sow Hamed COULIBALY** et **Abran Fatouman GNAMIEN**, ainsi qu'à mon ami **K. Donatien BROU** pour leur soutien, leur confiance et leur amour infini au quotidien.*

*À mes grands frères spirituels **Makaman COULYBALI**, **Adaman GNAMIEN** et **Ibrahim GNAMIEN** pour tout soutien spirituel œuvrés à mon en droit.*

CITATION

*« Si j'ai pu voir plus loin, c'est que je me tenais sur les
épaules de géants. »*

Isaac Newton

REMERCIEMENTS

Je ne saurais commencer cette rubrique sans remercier **ALLAH SOUBHANA WA TA'ALA (YA FATAH)**, lui sans qui rien n'est, et sans la bénédiction ainsi que la grâce de qui, mon parcours à l'institut 2iE ainsi que ce travail n'auraient jamais été accomplis.

Je souhaiterais adresser mes remerciements, les plus sincères à l'endroit de toutes les équipes, aussi bien pédagogiques qu'administratives de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour m'avoir accueilli et intégré dans un environnement multiculturel au sein duquel j'ai pu m'épanouir et acquérir à la fois savoir-faire et savoir-vivre. Par le biais du chef de département, le **Dr Y. Moussa SORO**, je profite également pour remercier particulièrement, tout le corps professoral du département « Génie Électrique, Énergétique et Industriel », pour tout le savoir ainsi que les vertus qu'ils m'ont transmis tout au long de cette formation, dans les domaines de l'énergie et de l'électricité.

J'adresse également l'expression de ma profonde gratitude et ma haute reconnaissance à: **Dr. Ing. Sayon SIDIBE**, mon encadreur académique, pour sa disponibilité ainsi que le soutien et la patience dont il a fait preuve dans le suivi et l'encadrement, et cela malgré la distance.

Je remercie le Directeur Général de **SMART ENERGY**, **M. Stephan DAURIAC** qui m'a autorisé à effectuer mon stage de fin de formation dans la prestigieuse structure qu'il dirige. Je tiens à remercier le Directeur des Opérations de **SMART ENERGY**, **M. Jean-Baptiste DOTIA** qui m'a offert l'opportunité d'effectuer ce stage sous sa Direction. Un grand merci à mon maître de stage, **M. Ahossan Pierre ASSIE**, Ingénieur Senior et Expert certifié CMVP de **SMART ENERGY** pour son encadrement inconditionnel, sa grande disponibilité, sa sociabilité et toute l'aide qu'il m'a apportée. J'ai beaucoup appris à ses côtés.

Je remercie également toute l'équipe de **SMART ENERGY** pour leur soutien, leur aide et pour la bonne ambiance qui régnait ; plus particulièrement mon frère **Alama Mohamed Abdoul-Alim SOUMAHORO** Ingénieur réseau électrique, **Massa Souleymane Tiémoko Junior BAMBA** Ingénieur énergétique et ma collègue **Aminata TAORE** ingénieure énergétique. Un spécial merci à mes camarades de promotion en Master Génie Électrique et Énergétique en particulier mes amis, **Ing. Idriss KAMAGATE**, **Ing. Karinon TUO**. Je dis merci à ma camarade **Manzara GBANE** étudiante en Master 1 à ESATIC pour son soutien tout au long de notre formation.

Je remercie de tout cœur ma précieuse famille, particulièrement mon père et ma mère.

RESUME

Optimiser la consommation énergétique et réduire les émissions de CO₂ sont les défis auxquels **la centrale thermique Vridi I** se doit de relever. L'audit énergétique paraît être une solution alternative pour atteindre ces objectifs.

Notre étude consiste à effectuer un audit énergétique selon les normes NF EN 16 247-1 et NF EN 16 247-3. Cela a permis d'identifier les flux énergétiques et les potentiels d'amélioration de l'efficacité énergétique du site. Sur trois (03) ans, nous avons analysé les données de consommation énergétique enregistrées et conformément au protocole IPMVP, l'année 2019 fut choisie comme base de référence. Nous avons également établi le bilan énergétique du site par turbine et par usages grâce aux analyseurs de puissances utilisés au niveau des différents départs. La répartition par usage montre que les moteurs, la climatisation, et l'éclairage constituent les usages énergétiques significatifs. Leur consommation annuelle est estimée à **37 516 186 kWh** soit **94%**. À l'issue de l'audit, nous avons fait des préconisations aussi bien au niveau technique que comportemental. Ces préconisations dont le coût d'investissement global s'élève à **966 127 000 F CFA**, permettent de réaliser 10 % d'économie sur une consommation annuelle initiale de **39 910 837 kWh**. Cette consommation génère des économies de **315 295 612 F CFA/an** à raison de **79 F CFA** le prix moyen du **kWh**.

Mots Clés :

- 1- Centrale thermique
- 2- Audit énergétique
- 3- Économie d'énergie
- 4- Efficacité énergétique

ABSTRACT

Optimizing energy consumption and reducing Carbon Dioxide (CO₂) emissions are the challenges facing **the thermal power plant of Vrid I**. The energy audit appears as an alternative solution to achieve these objectives.

Our study consists in carrying out an energy audit according to the NF EN 16 247-1 and NF EN 16 247-3 standards. This made it possible to identify energy flows and the potential for improving the site's energy efficiency. Over three (03) years, we had analyzed the recorded energy consumption data and in accordance with the IPMVP protocol, the year 2019 was chosen as the baseline. We also established the site's energy balance by turbine and by use, thanks to the power analyzers used at the various outlets. The breakdown by use shows that engines, air conditioning and lighting are the most significant energy uses. Their annual consumption is estimated at **37 516 186 kWh** or **94%**. At the end of the audit, we made recommendations at both technical and behavioral levels. These recommendations, with an overall investment cost of **966 127 000 F CFA** francs, result in savings of 10% on an initial annual consumption of **39 910 837 kWh**. This consumption generates savings of **315 295 612 F CFA/an** at a rate of **79 F CFA** the price per **kWh**.

Key Word :

-
- 1 Thermal power plant
 - 2 Energy audit
 - 3 Energy saving
 - 4 Energy efficiency

Liste des abréviations

AAPE	Actions d'Amélioration de la Performance Energétique
CIE	Compagnie Ivoirienne d'Electricité
CO ₂	Dioxyde de carbone
EER	Energy Efficiency Ratio
TAG	Turbine à Gaz
TAV	Turbine à Vapeur
GE	Groupe électrogène
Ipé	Indicateur de Performance Energétique
IPMVP	International Performance Measurement and Verification Protocol ou Protocole international de mesure et de vérification de la performance
LCOE	Levelized Cost Of Electricity ou coût moyen d'électricité
SME	Système de Management de l'Environnement
TGBT	Tableau Général Basse Tension
TRB	Temps de Retour Brut.
UES	Usages Energétiques Significatifs
VAN	Valeur Actuelle Nette
VRV	Volume de Réfrigérant Variable

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre I : PRESENTATION DU PROJET ET DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL	3
1. Présentation et localisation	3
2. Mission, texte de référence et conformité	3
3. Organisation et activités	3
3.1. Organigramme de l'entreprise	3
3.2. Activités de l'entreprise.....	4
4. PRESENTATION DU MEMOIRE.....	4
4.1. Concept du projet	4
4.2. Objectifs de l'étude	4
5. Méthodologie adoptée et normes.....	5
6. Matériels.....	9
7. Résultats attendus.....	9
8. PRÉSENTATION DU SITE AUDITÉ	9
9. Définition de la méthode de mesure de l'efficacité énergétique	10
Chapitre II : ÉTUDE DE L'EXISTANT	13
1. Description et diagnostic	13
2. Description de l'existant.....	13
2.1. Les systèmes électriques.....	13
2.1.1. La turbine à vapeur.....	14
2.1.2. Les turbines à gaz	17
2.1.3. Les groupes électrogènes de secours	20
2.2. Les usages énergétiques	22
2.2.1. Les moteurs	22
2.3. Le système de la climatisation.....	23
2.4. Le système d'éclairage	24
2.5. La bureautique.....	26
2.6. L'électroménager ;	26
2.7. Les équipements spéciaux ;	26
Chapitre III. ANALYSE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES.....	27
1. Détermination de la période de référence.....	27
2. Les principales sources d'énergie.....	27
3. Consommation d'énergie.....	36
4. Répartition des consommations par sources d'alimentation	37

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

5. Répartition par poste de consommation	37
6. Répartition par secteur d'activité (Bureau – Usine)	38
7. Diagrammes des flux énergétiques	39
8. Résultat des campagnes de mesures	39
9. Analyse des grandeurs électriques, températures, éclairagements et thermique mesurées	39
Chapitre IV: SOLUTIONS D'ECONOMIE D'ENERGIE ET ANALYSE FINANCIERE	40
1. Liste des potentiels d'améliorations énergétiques	40
2. Solutions d'économie d'énergie – Système d'éclairage	41
2.1. Nouveaux luminaires LED	44
3. Solutions d'économie d'énergie – Système de climatisation	46
3.1. Optimisation énergétique des splits existants	47
3.2. Remplacement du système « ROOFTOP » par le système VRV	49
3.3. Remplacement des climatiseurs « fenêtres » et splits alimentés au R22 par des splits INVERTER	49
4. Solutions d'économie d'énergie – Les Moteurs	51
4.1. Dispositifs économiseurs - Moteurs	51
4.2. Remplacement de certains moteurs par des moteurs à haut rendement	52
5. Valorisation de la chaleur fatale	54
6. Évaluation des économies liées à chaque optimisation énergétique	55
6.1. Bilan général des préconisations	55
6.2. Rentabilité financière de l'investissement	56
6.3. Synthèse des AAPE	57
7. Impact environnemental	57
8. Étude des facteurs pertinents	58
8.1. Indicateurs de performance	58
8.2. Indicateurs de performances énergétiques choisis	58
CONCLUSION	60
RECOMMANDATIONS	61
Webographie et Bibliographie	62

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Vue aérienne de la centrale thermique	10
Figure 2: Vu aérien de la Turbine à vapeur	14
Figure 3: Schéma synoptique de la TAV	15
Figure 4: Les turbines à Gaz 4-5-6	17
Figure 5: Schéma synoptique d'une turbine à gaz	18
Figure 6: Le groupe électrogène Diesel 1000 kVA.....	20
Figure 7: Les groupes électrogènes Diesel 1500kVA.....	20
Figure 8: Constitution d'un groupe électrogène	21
Figure 9: Moteurs pompes de combustible	22
Figure 10: Moteurs aéroréfrigérant 400V.....	22
Figure 11: Moteur pompe alimentaire 6.6kV.....	22
Figure 12: Consommation énergétique de gaz naturel des TAG et TAV.....	28
Figure 13: l'évolution de la consommation énergétique en gaz naturel	29
Figure 14: Consommation énergétique de HVO des TAG	29
Figure 15: L'évolution de la consommation énergétique en HVO	30
Figure 16: Consommation énergétique de DDO des TAG	31
Figure 17: L'évolution de la consommation énergétique en DDO	31
Figure 18: L'évolution de la consommation électrique	32
Figure 19: Les heures de fonctionnement des TAG	34
Figure 20: L'évolution de la production brute en kWh	34
Figure 21: L'évolution de la production nette.....	35
Figure 22: L'évolution des rendements.....	36
Figure 23: Répartition de la consommation électrique par TAG et TAV.....	37
Figure 24: Répartition des consommations par usage.....	38
Figure 25: Représentation global de l'administration et l'usine	38
Figure 26: Répartition de la puissance de l'éclairage.....	42
Figure 27: Taux des luminaires LED et NON LED	42
Figure 28 : Fonctionnement d'un climatiseur conventionnel sans le dispositif économiseur.....	48
Figure 29 : Fonctionnement d'un climatiseur conventionnel avec économiseur	48
Figure 30: principe de fonctionnement des VRV	49
Figure 31: Fonctionnement des climatiseurs de type inverter	50
Figure 32: Dispositif économiseur.....	51
Figure 33: Fonctionnement du dispositif	51
Figure 34: Exemples de moteurs de TAV.....	52
Figure 35: Exemples de moteurs sur les TAG	53
Figure 36: Détermination de l'IE en fonction du rendement et la puissance selon la norme CEI / EN 60034:2014.....	53
Figure 37: L'évolution des courants de l'Arrivée générale TAG 05	101
Figure 38: l'évolution des tensions composées du Disjoncteur 88QV18 MOTO VENTILATEUR ALTERNATEUR - CCM.....	102
Figure 39: l'évolution de la puissance active du Disjoncteur 88FC1 COOLING WATER FAN 3 - CCM..	103
Figure 40: l'évolution des courants du Disjoncteur 88TA2 FILTRE A AIR - CCM.....	103
Figure 41: l'évolution des tensions composées du Disjoncteur 88TA2 FILTRE A AIR - CCM	104
Figure 42: l'évolution de la puissance active du Disjoncteur 88TA2 FILTRE A AIR - CCM	104
Figure 43: l'évolution des courants du Disjoncteur LKA 203 HVAC MCC	105
Figure 44: l'évolution des tensions composées du Disjoncteur LKA 203 HVAC MCC	106

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Figure 45: l'évolution de la puissance active du Disjoncteur LKA 203 HVAC MCC.....	106
Figure 46: Courbe Thermo hygrométrie du CCM TAG 09	107
Figure 47: Local CCM TAG 8	107
Figure 48: Notion sur l'éclairage.....	108
Figure 49: Thermographe des disjoncteurs Moteurs.....	109

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Planning de l'audit énergétique.....	8
Tableau 2: Inventaire des lampes.....	24
Tableau 3: Consommation de gaz naturel des TAG	28
Tableau 4: Consommation de HVO des TAG	29
Tableau 5: Consommation du DDO des TAG.....	30
Tableau 6: Consommation électrique des Turbines.....	32
Tableau 7: Tableau représentant les heures de fonctionnement des TAG.....	33
Tableau 8: Types de lampes	42
Tableau 9: Existants et solutions LED proposées 1	44
Tableau 10: Existants et solutions LED proposées 2	45
Tableau 11: Tableau récapitulatif des AAPE.....	55
Tableau 12: Tableau récapitulatif du niveau d'éclairage des locaux du site	94
Tableau 13: Mesures de l'éclairage 2	108

INTRODUCTION GENERALE

Pour se conformer aux objectifs du développement durable inscrits dans l'agenda 2030 des nations unies et réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 28%, la Côte d'Ivoire réoriente sa politique énergétique. Étant donné que l'électricité contribue fortement à la pollution de l'environnement à travers les industries, L'efficacité énergétique se présente dès lors comme une solution alternative. Ce qui a donné lieu à la première édition du forum ivoirien de l'efficacité énergétique le 27 novembre 2018 à Abidjan. Conformément aux objectifs fixés, la cote d'ivoire vise de prime à bord les secteurs suivants : le secteur industriel, le secteur du transport et celui du bâtiment [1].

C'est dans cet élan **qu'une centrale de production électrique**, a décidé d'améliorer la performance énergétique sur son site de production d'électricité situé à **ABIDJAN, Vridi**. Le site audité normé **Vridi I** dans la suite du rapport, prend donc contact avec **SMART ENERGY**, spécialisée dans l'efficacité énergétique. Il s'agit pour ce partenaire technique d'exécuter l'audit énergétique afin de réaliser des économies d'énergie.

Notre étude se déroulera en deux grandes parties :

- La première partie, abordera la présentation générale du projet ainsi que celle de SMART ENERGY, structure d'accueil du stage et maître d'ouvrage du projet.
- Et la seconde partie, présentera l'audit énergétique proprement dit. Elle portera sur :
 - Le diagnostic du site;
 - Les usages électriques du site;
 - L'analyse des consommations énergétiques à partir du bilan de puissance et des mesures obtenues grâce à l'utilisation des analyseurs de puissances ;
 - Les solutions d'économie d'énergie et l'analyse financière.

Par soucis de confidentialité demandée par le client, certains détails ont été enlevés de façon volontaire dans ce présent rapport.

***PARTIE I : PRESENTATION DU PROJET ET
DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL***

Chapitre I : PRESENTATION DU PROJET ET DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

1. Présentation et localisation

Filiale de la CIE et du groupe ERANOVE, créée en 2017, SMART ENERGY est une Société Anonyme (SA) située à Abidjan dans la commune de Marcory non loin du boulevard Valéry Giscard d'Estaing plus précisément au 2^{ème} étage de l'immeuble ROCHE BOBOIS. Elle aide les entreprises à réduire leurs consommations d'énergie, à limiter leurs émissions de CO₂ et à favoriser la sécurité énergétique pour tous. Elle apporte des réponses aux questions relatives aux énergies renouvelables (solaire photovoltaïque, solaire thermique, biomasse...).

2. Mission, texte de référence et conformité

SMART ENERGY a pour mission d'accompagner les entreprises à atteindre les niveaux de performance énergétique les plus ambitieux avec une approche personnalisée répondant aux besoins spécifiques de chaque client. Pour cela, elle a développé une expertise autour de quatre champs d'action :

- Audit / Diagnostic en amont et en aval des projets ;
- Ingénierie et travaux ;
- Vente et installation d'équipements d'économie d'énergie ;
- Énergie de sources renouvelables en proposant des solutions techniques adaptées.

La démarche de SMART ENERGY est basée sur les deux normes suivantes :

- La norme NF EN 16 247 définissant notamment « les exigences minimales pour la commande et la conduite d'audits énergétiques destinés à identifier les potentiels d'investissement pour améliorer l'efficacité énergétique et l'usage rationnel de l'énergie».
- La norme ISO 50 001 : 2018 visant à l'amélioration de la performance énergétique de toute organisation par le biais d'un diagnostic énergétique.

L'évaluation des économies d'énergie des projets d'efficacité énergétique conduit par SMART ENERGY respecte le Protocole International de Mesure et de Vérification de la Performance Énergétique (IPMVP).

3. Organisation et activités

3.1. Organigramme de l'entreprise

L'organigramme de SMART ENERGY est placé en Annexe 1.

3.2. Activités de l'entreprise

L'Entreprise mène plusieurs activités parmi lesquelles on peut citer :

- L'optimisation de la performance énergétique (efficacité, usage, consommation) ;
- La gestion des utilités (air comprimé, vapeur, froid, moteurs, pompage) ;
- Études thermiques (simulations thermiques, dynamiques, bilans énergétiques) ;
- Le suivi et l'analyse des consommations (pilotage, installation GTC, plan de mesures...) ;
- La gestion du portefeuille énergies des collectivités et de l'administration (mairie, conseils généraux, ministères, EPIC) ;
- L'accompagnement dans la mise en place de SME ISO 50 001 :2018 ;
- Déploiement des énergies de sources renouvelables (solaire, hydraulique, biogaz) ;
- Gestion des réseaux de distribution (chauffe-eau, panneaux solaires, produits pour particuliers et résidentiels).

4. PRESENTATION DU MEMOIRE

4.1. Concept du projet

Sous la menace écologique, économique et réglementaire, les industriels se doivent de se conformer à l'optimisation de l'utilisation de l'énergie dans leur processus de production mais aussi au niveau de leurs gestions des « utilités » (air comprimé, gestion de l'eau de process, électricité...). Les audits énergétiques ont été rendus obligatoires dans les entreprises de plus de 250 salariés depuis 2015 [2]. Et la Côte d'Ivoire avec sa politique nationale d'efficacité énergétique (PANEE), toutes les entreprises industrielles doivent se conformer aux exigences énergétiques nationales. Ces contraintes ont amené la centrale Vridi I à réaliser un audit énergétique sur son site de production d'électricité.

4.2. Objectifs de l'étude

- Objectif global :

Proposer des solutions qui permettront de réduire la consommation énergétique sur l'ensemble du site.

- Objectifs spécifiques :

L'objectif global ne peut être atteint que si les résultats liés aux objectifs spécifiques sont probants. Il s'agit ici des objectifs suivants

- ✓ Etablir le patrimoine énergétique du site ;

- ✓ Répartir les consommations par usages énergétiques ;
- ✓ Estimer et hiérarchiser les potentiels d'économies d'énergie ;
- ✓ Proposer des solutions en rapport avec les caractéristiques et les usages du bâtiment industriel pour améliorer l'efficacité énergétique ;
- ✓ Assurer le confort (thermique, visuel) des usagers ;
- ✓ Chiffrer les investissements et les économies ;
- ✓ Evaluer l'impact environnemental ;
- ✓ Evaluer le coût d'investissement et le temps d'amortissement ;
- ✓ Définir la rentabilité du projet.

5. Méthodologie adoptée et normes

La méthode d'approche d'un audit énergétique doit répondre à des critères de qualité. Pour ce faire, notre étude sera réalisée conformément aux normes internationales (Voir Annexe 2) :

- NF EN 16 247-1 ;
- NF EN 16 247-2 ;
- NF EN 16 247-3 ;
- IPMVP EVO 10000-1: 2018 (FR);
- NF EN 12 464-1;
- ISO 50 001 : 2018

La méthode de travail adoptée pour atteindre notre objectif principalement basé sur NF EN 16 247-3, s'établit comme suit :

➤ **Etape 1 : Préliminaire**

▪ Contact préliminaire :

Il s'agissait de rencontrer les responsables de l'entreprise pour définir l'objectif, les besoins, les attentes et le périmètre concernant l'audit énergétique. Il a été convenu d'effectuer les visites selon des plages d'horaires définies ;

▪ Collecte d'information :

Il s'agit de recueillir les factures d'électricité, ou tout autres documents pouvant présenter un intérêt dans l'audit (données d'un système de comptage individuel, plan des bâtiments, schémas électriques général, liste des équipements, fiches techniques...).

➤ **Etape 2 : Visite sur le site et collecte des données**

- Procéder à une visite de terrain ;
- Faire l'inventaire de l'ensemble des équipements du site par usage (éclairage, climatisation, bureautique, moteurs...) et par zone ;
- Appréhender les conditions opératoires, le comportement des utilisateurs et leur impact sur la consommation énergétique et l'efficacité énergétique ;
- Recueillir les commentaires des exploitants concernant le mode et horaire de fonctionnement des usagers ;
- Recueillir les commentaires des occupants concernant leur niveau de confort, et certaines observations ;
- Installer des systèmes de comptage pour mesurer la consommation énergétique du périmètre d'étude pendant les jours ouvrables et non ouvrables au cas où le site audité ne dispose pas d'un système de comptage individuel.

➤ **Etape 3 : Analyse des données**

- Analyser les factures d'électricité (CIE) ou tout autres documents liés à la consommation électrique du site audité sur 36 derniers mois (au minimum);
- Effectuer un bilan énergétique, répartir la consommation par usage et par zone et procéder à l'analyse ;
- Analyser le niveau de confort (température, éclairage...);
- Identifier les opportunités d'amélioration de l'efficacité énergétique ;
- Identifier les facteurs d'ajustement.

➤ **Etape 4 : Solutions et économie**

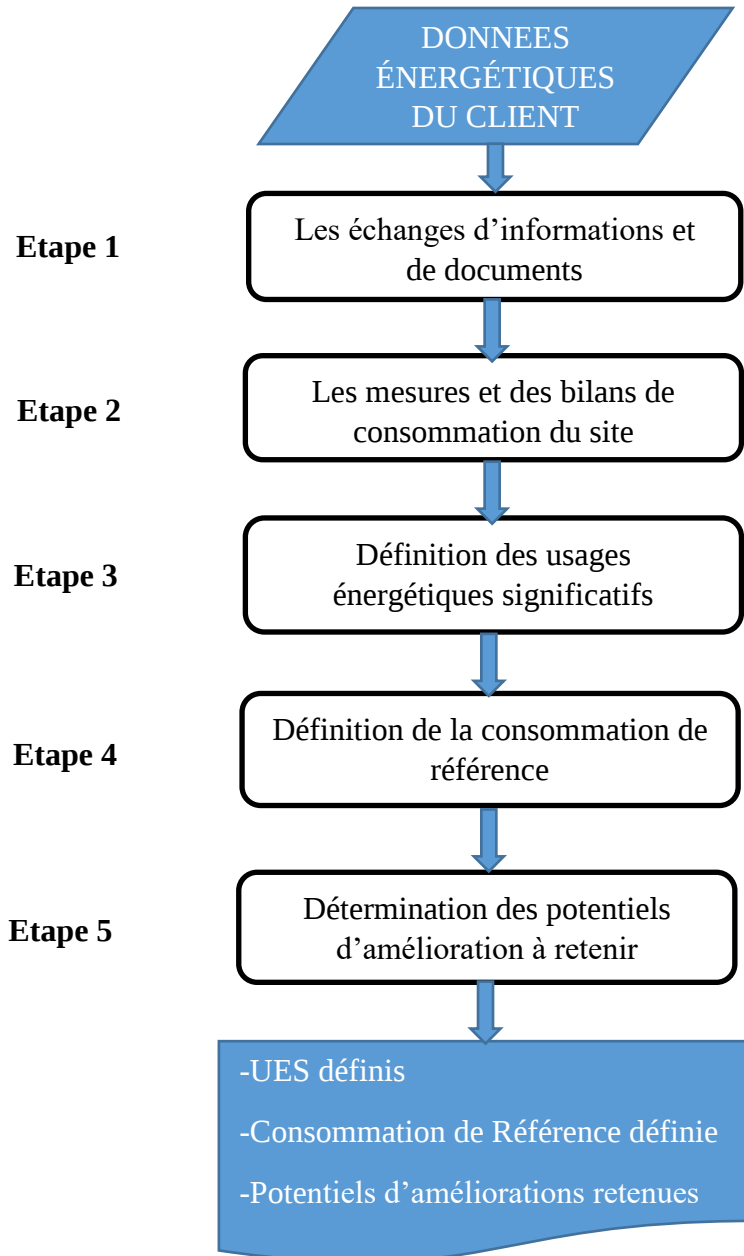
- Proposer des Actions d'Amélioration de la Performance Energétique (AAPE) ;
- Evaluer l'impact des Actions d'Amélioration de la Performance Energétique ;
- Evaluer l'économie d'énergie.

➤ **Etape 5 : Économie**

- Evaluer l'économie énergétique par rapport à la période de référence ;
- Evaluer l'économie financière ;
- Quantifier les investissements liés aux actions d'amélioration de la performance énergétique;
- Calculer le temps de retour sur investissement (TRI)

Le Tableau 1 ci-dessous représente le planning de la réalisation de l'audit énergétique et le logigramme montre les différentes étapes de la réalisation de l'audit énergétique du client (voir le logigramme ci-dessous).

LOGIGRAMME DE REALISATION DE L'AUDIT ENERGETIQUE



AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Tableau 1: Planning de l'audit énergétique

PLANNING AUDIT ENERGETIQUE

Direction des Opérations

Mois de : AOUT à OCTOBRE 2020

Coordination : M. DOTIA JEAN BAPTISTE

TACHES	Nbre jours	Semaine 1					Semaine 2					Semaine 3					Semaine 4					Semaine 5					Semaine 6					Semaine 7									
		AOUT															SEPTEMBRE															OCTOBRE									
		24	25	26	27	28	31	1	2	3	4	7	8	9	10	11	14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	28	29	30	1	2	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16
		Lun.	Mar.	Mer.	Jeu.	Ven.	Lun.	Mar.	Mer.	Jeu.	Ven.	Lun.	Mar.	Mer.	Jeu.	Ven.	Lun.	Mar.	Mer.	Jeu.	Ven.	Lun.	Mar.	Mer.	Jeu.	Ven.	Lun.	Mar.	Mer.	Jeu.	Ven.	Lun.	Mar.	Mer.	Jeu.	Ven.	Lun.	Mar.	Mer.	Jeu.	Ven.
1-Collecte et Revue des données collectées	5																																								
Reunion de demarrage et visite du reseau électrique																																									
Analyse documentaire des données de l'usine																																									
visite technique des installations electriques et complémentaires																																									
2-Campagne de mesures	6																																								
Mesures thermographiques																																									
Mesures électriques																																									
Mesures de paramètres de confort																																									
Mesures sur les UES(Clim.,Bur., Ecl., Force motrice,)																																									
Revue des données et Mesures complémentaires																																									
3-Analyse des données	8																																								
Réalisation des Schemas, Bilans et Conso. par usage																																									
Etablissement de la situation de référence																																									
Etude des facteurs d'ajustement																																									
Définition des IPE																																									
4-Conception des solutions	6																																								
Conception et dimensionnement des soluions																																									
Etude de faisabilité et cotations																																									
Calcul d'économies																																									
Evaluation financière																																									
Elaboration du plan d'action																																									
5-Rapport d'étude détaillée	15																																								
Rédaction du rapport																																									
Validation du rapport																																									
Remise du rapoort au client																																									
	40																																								

Redigé par

Nom: ASSIE PIERRE

Fonction: Ingénieur Sénior

Visa:

Date: 13/08/2020

Validé par

Nom: MOSSOU ARCHADIUS

Fonction: Responsable cellule Projet

Visa:

Date: 13/08/2020

Approuvé par

Nom: DOTIA JEAN BAPTISTE

Fonction: Directeur des Opérations

Visa:

Date:13/08/2020

6. Matériels

Pour mener à bien notre étude, les équipements suivants ont été utilisés :

- Enregistreur de puissance et d'énergie (PEL) pour mesurer les grandeurs électriques ;
- Un thermo hygromètre pour mesurer la température et l'hygrométrie dans certains bureaux et locaux ;
- Un luxmètre pour mesurer le niveau d'éclairement dans les bureaux ;
- Un laser mètre pour mesurer les distances.

La description des matériels est jointe en Annexe 2.

7. Résultats attendus

Les résultats attendus sont :

- Le parc actualisé des équipements bien décrit ;
- Le bilan énergétique complet du site établi ;
- Les indicateurs de Performance énergétique (Ipé) sont calculés ;
- Les actions d'économie d'énergie sont proposées et le taux d'économie d'énergie est évalué ;
- La rentabilité financière et l'impact environnemental évalués.

8. PRÉSENTATION DU SITE AUDITÉ

Le site audité est une société privée de production d'électricité, créée en 1994 et basée à Abidjan en Côte d'Ivoire. La société vend son électricité à l'État ivoirien à travers la CIE, qui détient le monopole de la distribution d'électricité dans le pays. Le nom du groupe est également associé à son unique installation, située dans la zone industrielle éponyme à Port-Bouët et s'étend sur un périmètre de 75000 m².

Leader de la production électrique en Côte d'Ivoire, Vridi I est composée de sept turbines à combustion qui utilisent comme combustible principal le gaz naturel extrait au large des côtes ivoiriennes et d'une turbine à vapeur.

La puissance installée de Vridi I est de 556 MW avec une production annuelle estimée à 3 810 GWh.

Vridi I opère via un contrat de concession, courant jusqu'en 2035, avec l'État de Côte d'Ivoire. La centrale est détenue à 83,3 % par Eranove. L'ensemble du périmètre de la centrale thermique est certifié QSE : ISO 9001, OHSAS 18001, ISO 14001. Vridi I a atteint le stade

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

confirmé du référentiel ISO 26 000 pour son engagement dans la responsabilité sociétale d'entreprise (RSE), et vise à présent l'ISO 50001.



Figure 1: Vue aérienne de la centrale thermique

Horaires de fonctionnement

Le site est occupé cinq (5) jours sur sept (7) pour les bureaux et sept jours (7) sur (7) pour les machines de production. Les horaires de travail vont de 7h30mn à 16h30mn avec une pause de 1h à partir de 12h30mn. Il est à noter que dans certains locaux, les usages fonctionnent 24H/24 et 7jours/7.

Effectif

La centrale électrique Vridi I compte 121 agents.

9. Définition de la méthode de mesure de l'efficacité énergétique

Comme susmentionné dans la méthodologie, le protocole IPMVP sera la norme utilisée pour la mesure de l'économie d'énergie. Les économies seront exprimées sous forme d'énergie évitée, à savoir l'énergie non consommée après la mise en place des actions d'amélioration de la performance énergétique (AAPE). Leur détermination se fera par la différence entre la consommation d'énergie de la base de référence avant les AAPE et la consommation d'énergie enregistrée après les AAPE.

Dans la mise en œuvre des méthodes de calcul des économies, le protocole IPMVP nous propose quatre (4) options différentes qui prennent en compte plusieurs aspects, dont le périmètre d'étude (voir Annexe 2).

Dans le cadre de notre étude, la mesure et la vérification de l'économie réalisée par les solutions proposées se feront avec l'option C ; celle du site entier. En effet, pour évaluer la performance du site entier, deux (2) options s'offrent à nous : l'option C et l'option D.

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

L'option D fait surtout appel à une simulation calibrée. De même, nous sommes dans une situation où les principaux usages (climatisation, éclairage, bureautique...) présentent des effets interactifs : la diminution des charges thermiques engendrées par l'éclairage et la bureautique impacterait forcément la climatisation de ce lieu. Aussi, certaines AAPE qui devront être déployées sur l'alimentation générale ne peuvent être isolées. C'est pourquoi nous choisissons l'option C.

Méthode de calcul des économies et évaluation financière :

$$E_i = P_i \cdot t \quad (Eq\ 1)$$

$$k_i = E_i / E_t \quad (Eq\ 2)$$

$$E_{extrapolée,i} = E_{référence} \cdot k_i \quad (Eq3)$$

$$\Delta E_i = E_{extrapolée,i} - E_{référence,i} + / - \text{ajustements} \quad (Eq\ 4)$$

- E_i : Energie annuelle consommée par l'usage i en kWh ;
- k_i : Pourcentage de l'énergie consommée par l'usage i dans l'énergie totale ;
- $E_{extrapolée,i}$: Energie annuelle extrapolée de l'usage i par rapport à la base de référence en kWh ;
- $E_{référence}$: Energie annuelle consommée (2019) en kWh.
- ΔE_i : Énergie économisée en kWh/an de l'usage i;

$$TRB = \frac{C_{inv}}{C_{an}} \text{ et } C_{an} = \Delta E \times P_m \quad (Eq\ 5)$$

- TRB : Taux de Retour Brut en années ;
- C_{inv} : Coût d'investissement global en FCFA;
- C_{an} : Coût d'économie annuelle estimée en FCFA ; - P_{moy} : Prix moyen du kWh en FCFA.

PARTIE II : AUDIT ÉNERGÉTIQUE

Chapitre II : ÉTUDE DE L'EXISTANT

1. Description et diagnostic

Ce sont les bâtiments administratifs, les centres de traitement, les ateliers et entrepôts, les unités de production et les usages qui seront concernés. Le diagnostic consiste à faire l'état des lieux afin d'identifier d'éventuels défauts et d'entrevoir de possibles opportunités d'amélioration de la performance énergétique du site.

2. Description de l'existant

L'existant est subdivisé en plusieurs systèmes, qui sont :

- ✓ Les systèmes électriques
 - La turbine à vapeur ;
 - Les turbines à gaz ;
 - Les groupes électrogènes de secours ;
- ✓ Les usages énergétiques
 - Les moteurs ;
 - Le système de climatisation ;
 - Le système d'éclairage ;
 - La bureautique ;
 - L'électroménager ;
 - Les équipements spéciaux.

Chaque système recevra une ou plusieurs propositions d'optimisation et d'économie d'énergie.

2.1. Les systèmes électriques

Le site audité est un site de production d'électricité à partir des Turbines à Gaz (TAG) et à vapeur (TAV). La production est issue de 7 Turbines d'une puissance totale théorique de 543 MW.

Les sources d'alimentation énergétique de la centrale électrique sont assurées :

- Par six (06) turbines à gaz et une turbine à vapeur grâce aux sous-tirages à travers des transformateurs de 100 kVA et de 250 kVA ;
- Par trois (03) groupes électrogènes de 1000 kVA et 1500 kVA ;
- Et par le réseau de distribution CIE.

2.1.1. La turbine à vapeur

Elle est associée à la Turbine à Gaz 9 et la Turbine à Gaz 10 et dotée d'une puissance de production de 111 MW. La Figure 2 montre une image réelle et la Figure 3 ; le schéma synoptique de l'installation de la TAV.



Figure 2: Vu aérien de la Turbine à vapeur

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

a) Schéma synoptique du fonctionnement de la TAV :

Le schéma ci-dessous présente le fonctionnement de la turbine à vapeur.

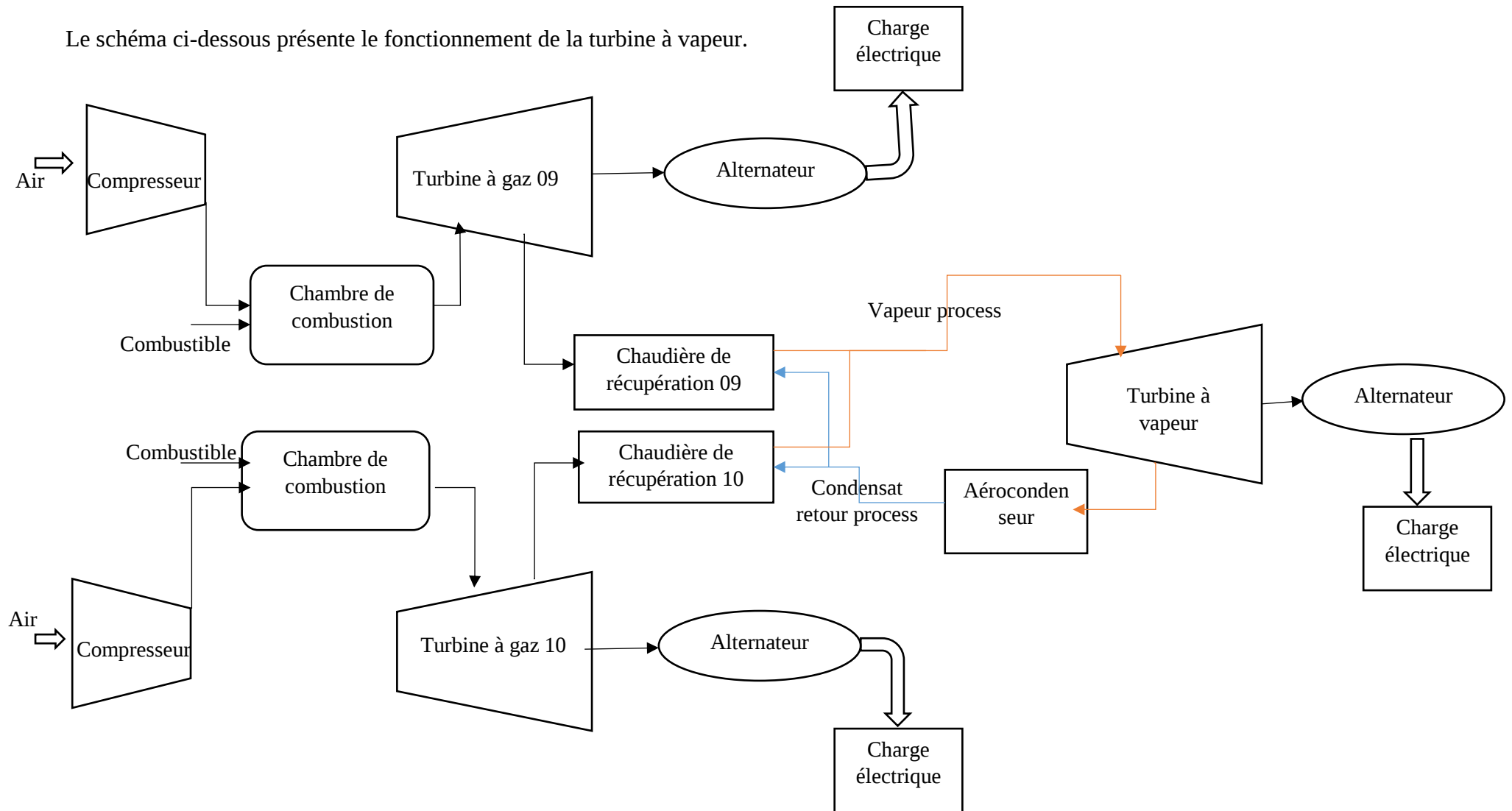


Figure 3: Schéma synoptique de la TAV

b) Principe de fonctionnement :

Une centrale thermique à vapeur produit de l'électricité à partir de la vapeur d'eau produite grâce à la chaleur dégagée par la combustion de gaz, de charbon, de fioul ou de la chaleur récupérée d'une autre turbine qui met en mouvement une turbine reliée à un alternateur.

Un combustible (gaz, charbon, fioul) est brûlé dans les brûleurs d'une chaudière pouvant mesurer jusqu'à 90 m de hauteur. Le charbon est d'abord réduit en poudre, le fioul est chauffé pour le rendre liquide puis vaporisé en fines gouttelettes et le gaz est injecté directement sans traitement préparatoire.

La chaudière est tapissée de tubes dans lesquels circule de l'eau froide. En brûlant, le combustible dégage de la chaleur qui va chauffer cette eau. L'eau se transforme en vapeur, envoyée sous pression vers les turbines.

La vapeur fait tourner une turbine qui entraîne à son tour un alternateur. Grâce à l'énergie fournie par la turbine, l'alternateur produit un courant électrique alternatif. Un transformateur élève la tension du courant électrique produit par l'alternateur pour qu'il puisse être plus facilement transporté dans les lignes à très haute et haute tension.

À la sortie de la turbine, la vapeur est à nouveau transformée en eau grâce à un condenseur dans lequel circule de l'eau froide en provenance de la mer ou d'un fleuve ou un aéroréfrigérant. L'eau ainsi obtenue est récupérée et recircule dans la chaudière pour recommencer un autre cycle.

L'eau utilisée pour le refroidissement est restituée à son milieu naturel ou renvoyée dans le condenseur. Les fumées de combustion sont dépoussiérées grâce à des filtres et sont évacuées par des cheminées.

c) Processus de fonctionnement de la TAV :

Les étapes du fonctionnement de la TAV :

- Démarrage de TAG 09 ou TAG 10 ou les deux 02 simultanément;
- L'eau produite dans l'aérocondenseur est envoyée vers le dégazeur via une pompe pour extraire des gaz dissous dans l'eau afin de rendre l'eau utilisable dans les chaudières ;
- Cette eau sera renvoyée vers les chaudières de récupérations de chaleur via une pompe d'alimentation ;
- L'eau alimentée aux chaudières qui sera transformée en vapeur par la chaleur dégagée de combustion du gaz de la turbine 9 et/ou 10 ;
- Et cette vapeur à son tour va tourner la turbine à vapeur afin de produire l'électricité.

d) Diagnostique

Construite en 2015, la TAV bénéficie d'un système bien automatisé. Tout son système est régulé et la plupart de ses moteurs auxiliaires sont de classe énergétique IE2 à IE3 (des moteurs très performants).

e) Système électrique de la TAV

Le système électrique est composé de Turbine à vapeur (alternateur). TAG 09 et TAG 10 produisent de l'énergie calorifique. Cette énergie est utilisée pour produire de la vapeur afin de faire tourner la turbine à vapeur. Les auxiliaires sont alimentés par une ligne redondante TAG 10, le réseau électrique national (CIE) et un groupe électrogène. Une fois la TAV est en marche elle autoaliment les auxiliaires (généraux et essentiels) grâce aux sous-tirages de la TAM TAV et de la TAS TAV.

f) Schéma unifilaire

Le schéma unifilaire de la TAV se trouve en Annexe 3.

2.1.2. Les turbines à gaz

La puissance unitaire des TAG 4-5-6 est 33 MW et celle des TAG 8-9-10 est 111 MW. La figure 4 présente la photo d'une installation TAG.



Figure 4: Les turbines à Gaz 4-5-6

a) Schéma général de fonctionnement d'une turbine à gaz :

La Figure 5 présente Le schéma synoptique d'une turbine à gaz.

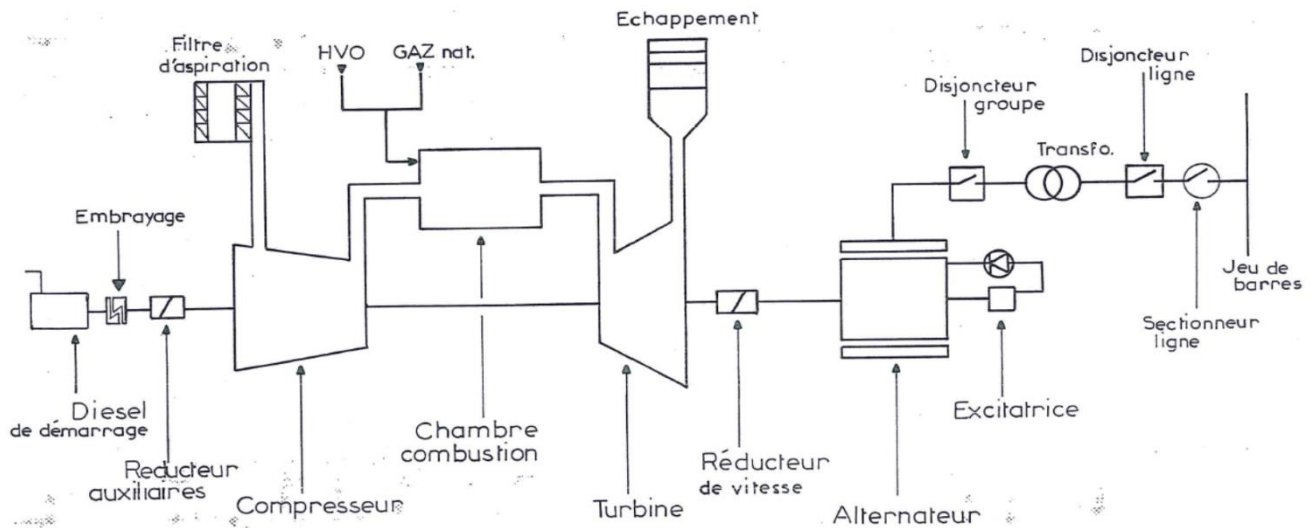


Figure 5: Schéma synoptique d'une turbine à gaz

b) Fonctionnement des turbines à gaz :

Les principaux éléments d'une turbine à gaz sont un compresseur, qui comprime l'air entrant, une chambre à combustion où le combustible (gaz, HVO, DDO) est brûlé avec l'air entrant, et une turbine appropriée pour convertir en électricité l'énergie des gaz d'échappement qui sont chaud et à forte pression.

La turbine à gaz peut être considérée comme un moteur à combustion interne qui emploie un procédé de combustion continue, au lieu d'un procédé intermittent.

La description de base du fonctionnement d'une turbine à gaz est le cycle de Brayton. L'air ambiant entrant est aspiré dans le compresseur où sa température et sa pression sont ainsi relevées.

L'étape suivante est la chambre de combustion où le combustible mélangé à l'air est brûlé, ce qui entraîne une forte température et pression. Les gaz d'échappement qui en résultent entrent alors dans la turbine où ils actionnent les pales par dilatation, ce qui produit l'électricité. Les gaz d'échappement qui quittent la turbine ne sont pas récupérés, d'où la classification du cycle en cycle ouvert. Néanmoins, il y a certaines applications où ce cycle ouvert peut être modélisé en cycle fermé : étant donné que la température du gaz d'échappement qui quitte la turbine est souvent considérablement plus élevée (environ 500°C) que la température de l'air qui quitte le compresseur, ce dernier peut être chauffé par le transfert la chaleur vers lui-même depuis les gaz d'échappement chauds. Normalement, ceci se fait à travers un échangeur thermique approprié qui est également connu sous le nom de régénérateur ou récupérateur.

Lors de la visite, il est noté qu'il y a d'autres utilités en dehors de ce cycle qui permettent le fonctionnement des turbines à gaz, par exemple :

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

- Le circuit de pompage des fluides avec vannes, moteurs, filtre, etc. (HVO, DDO, gaz, etc.) ;
- L'alimentation électrique des différentes unités de production (compresseur, alternateur, etc.) ;
- L'alimentation en carburant du moteur Diesel de démarrage ;
- Le circuit d'huile pour la ligne de production (lubrifiant, compression, etc.) ;
- Le groupe électrogène de secours ;
- La chaudière permettant le préchauffage des différents fluides ;
- Les réservoirs de stockage réfrigérés de certains fluides ;
- Une variété de moteurs et autres dispositifs couramment utilisés dans une ligne de production.

Par ailleurs, l'alimentation en électricité des lignes de production fonctionne de la manière suivante :

- Les turbines à gaz sont alimentées à 90% par le soutirage du Poste Source par le biais du départ TAM (Transformateur Auxiliaire Machine). Les TAG sont secourus par un autre TAG ou groupe électrogène ou le réseau CIE ;
- Certaines auxiliaires des turbines à gaz (aéroréfrigérants) sont alimentées par l'alternateur des turbines à gaz par le biais du départ TAS.

c) Processus de fonctionnement des TAG :

- **Phase de démarrage des TAG :**

- Départ TAM puis départ TAS pour les aéroréfrigérants ;

- **Phase de service OK :**

- Départ TAM en continu avec le départ TAS ;

- **Phase défaut (si problème au niveau du soutirage et du départ TAM) :**

- Le groupe électrogène de secours peut alimenter les TAG en cas de défaut sur le départ TAR.

d) Diagnostique

Lors de notre visite, nous avons constaté que les turbines à gaz ont un système moins régulé et moins performant dans l'ensemble et en particulier les TAG 6000 (TAG 5-6-7). En ce qui

concerne les TAG 8-9-10, ils sont plus régulés que ces derniers-ci. On retrouve la classe IE2 sur la majorité de ces moteurs. Les moteurs des TAG 6000 ont la classe énergétique IE1.

e) Système électrique des TAG

• TAG 6000

Le système électrique est composé de trois Turbines à gaz (alternateurs) dont les auxiliaires sont alimentés par une ligne indépendante (Reseau CIE) et un groupe électrogène. Une fois les groupes en marche, ils autoalimentent les auxiliaires (généraux et essentiels) grâce aux sous-tirages de la TAG 7 et de la TAG 5.

f) Schéma unifilaire

Le schéma électrique des turbines à gaz sont joints en Annexe 3.

2.1.3. Les groupes électrogènes de secours

La centrale thermique audité dispose de 3 groupes électrogènes de marque **Electra Molins** dont deux (02) de 1500 kVA et un (01) de 1000 kVA. Le groupe électrogène de 1000 kVA permet de secourir les TAG 6000 et les deux de 1500 kVA secourent les TAG 9, TAG 10 et la TAV. Les Figure 6 montrent une photo des groupes électrogènes.



Figure 6: Le groupe électrogène Diesel 1000 kVA



Figure 7: Les groupes électrogènes Diesel 1500kVA

a) Rôle des groupes électrogènes

Le fonctionnement d'une centrale thermique requiert l'alimentation électrique d'auxiliaires pour assurer à la fois l'exploitation et la sûreté de l'installation. Le système de distribution électrique permet d'alimenter non seulement les auxiliaires nécessaires à l'exploitation normale des turbines en production ou en période d'arrêt, mais également les auxiliaires de secours en

situation accidentelle. Ces auxiliaires de secours sont alimentés par deux voies électriques indépendantes et redondantes. En situation normale, le courant nécessaire à l'alimentation des auxiliaires de la centrale est soit fourni directement par la centrale soit prélevé sur le réseau électrique national si la centrale est à l'arrêt. En situation accidentelle, si l'énergie nécessaire aux auxiliaires de secours ne peut être fournie par la centrale elle-même ou prélevée sur le réseau national, trois (03) groupes électrogènes de secours (GES) sont lancés.

Ces groupes électrogènes ont la mission capitale d'assurer l'alimentation en secours des auxiliaires nécessaires pour amener la centrale à l'arrêt en cas de perte totale des sources électriques.

b) Constitution d'un groupe électrogène

Un groupe électrogène est principalement constitué (voir Figure 8) :

- d'un moteur diesel de forte puissance ;
- et d'un alternateur entraîné par le moteur par le biais d'un accouplement élastique.

Chaque groupe est situé dans un bâti spécifique (conteneur). Ce bâtiment abrite aussi tous les auxiliaires nécessaires au fonctionnement du groupe. L'ensemble moteur/alternateur est monté sur un massif en béton découplé du plancher par des appuis souples.

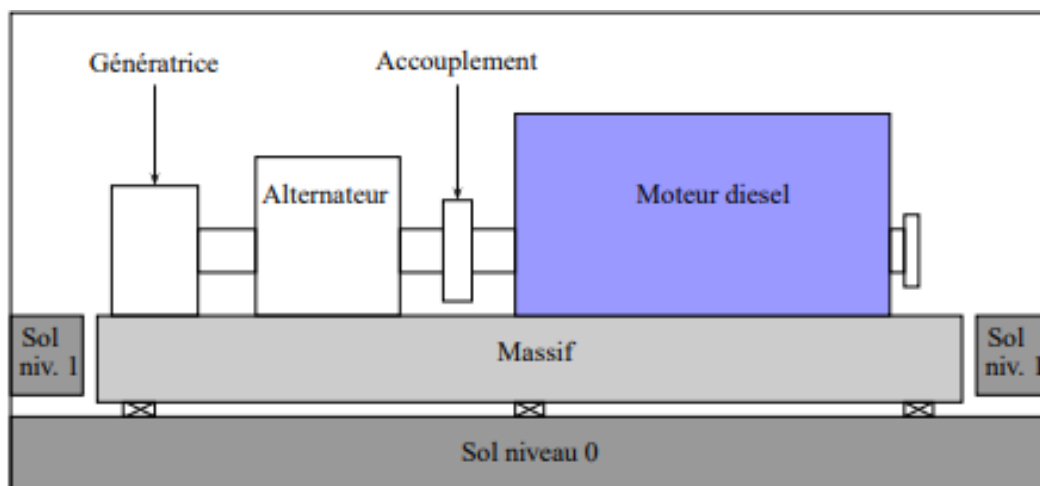


Figure 8: Constitution d'un groupe électrogène

c) la consommation

La consommation horaire du groupe électrogène de 1000 KVA à 75% de charge est de **149 l/h avec un réservoir de 990 litres** et celle des groupes électrogènes de 1500KVA à 75% est de **239 l/h avec un réservoir de 2000 litres**. (Voir la fiche technique en Annexe 4)

2.2. Les usages énergétiques

2.2.1. Les moteurs

Les moteurs représentent la plus grande partie de la consommation dans la centrale. Nous y avons rencontré des moteurs alimentés en moyenne tension et en basse tension. Les Figure 9 ci-dessous illustrent bien les différents types de moteurs.



Figure 11: Moteur pompe alimentaire 6.6kV



Figure 10: Moteurs aéroréfrigérant 400V



Figure 9: Moteurs pompes de combustible

a) Inventaire des moteurs et bilan de puissance

L'inventaire des moteurs nous a permis de dénombrer **476 Moteurs** avec une puissance utile de fonctionnement de **13 481 kW** pour le fonctionnement des turbines à Gaz et à Vapeur sur le site audité. Cette puissance est obtenue à travers les formules ci-après. (Voir Annexe 5)

$$P_u = K_u \times P_n \quad (Eq 6)$$

$$P_{u_T} = \sum_{k=1}^n P_{u_k} \quad (Eq 7)$$

- P_u : Puissance utile du moteur;
- P_{u_T} : Puissance utile totale du moteur;
- P_n : Puissance nominale du moteur
- K_u : Le coefficient d'utilisation.

b) Diagnostic

Il faut noter que la plupart des moteurs des turbines à Gaz 6000 présentent un vieillissement avancé, contrairement à ceux situés sur la TAV qui sont neufs.

2.3. Le système de la climatisation

b) Les bâtiments

Nous pouvons dire dans l'ensemble que les bâtiments sont bien conservés. Néanmoins, certains bâtiments ont une mauvaise isolation thermique, car nous avons majoritairement l'utilisation du simple vitrage pour les fenêtres. Toutefois, des stores atténuent les déperditions thermiques y sont présents.

c) La climatisation

Le système de climatisation, fait partie des consommations de fonctionnement dont une entreprise ne peut s'affranchir sans que son exploitation n'en soit affectée, notamment en Côte d'Ivoire où l'on trouve un climat très chaud et très humide.

D'autre part, dans le cas de **Vridi I**, la climatisation a un autre usage que celui du confort des employés. En effet, certains locaux nécessitent d'être constamment refroidis afin de fonctionner dans les meilleures conditions (locaux informatiques, locaux électriques, locaux des turbines à gaz, etc.). Ce besoin en refroidissement est critique et véritablement vital à l'activité de la **centrale thermique**, sans quoi l'exploitation peut être compromise si les machineries ne fonctionnent plus dans des conditions optimales.

d) Inventaire de la climatisation

Les différents types de climatiseurs utilisés sont :

- ✓ Les splits muraux
- ✓ Les splits armoires
- ✓ Les splits cassettes
- ✓ Les climatiseurs type fenêtre
- ✓ Des rooftops

Les fluides utilisés sont :

- Le R410-A
- Le R407-C
- Le R22

e) Bilan des systèmes de climatisation :

L'inventaire a permis de comptabiliser un total de **150 climatiseurs** individuels avec une puissance totale de **564,30 kW**. (Voir Annexe 6)

$$P_T = n \times P_{\text{élec}} \quad (\text{Eq 8})$$

- $P_{\text{élec}}$: Puissance électrique du climatiseur ;
- P_T : Puissance totale des climatiseurs.
- n : nombre total de climatiseur

2.4. Le système d'éclairage

a) Inventaire des lampes et bilan de puissance

Le système d'éclairage de **Vridi I** est constitué de luminaires muraux, en cloches, plafonniers, projecteurs et des lampadaires. Il existe plusieurs types de lampes. Tableau 2 résume les différents types de lampes rencontrées.

b) Méthode de calcul

La puissance du tube T8 fluorescent 1,2m est de 36 W et celui du tube T8 fluorescent 0,6m est de 18 W. À cause du ballast, la puissance des tubes T8 fluorescents sera calculée selon la formule suivante :

$$P_{\text{lum}} = 1,25 \times P_{\text{lampe}} \quad (\text{Eq 9})$$

- P_{lum} : Puissance de l'ensemble lampe + ballast ;
- P_{lampe} : Puissance du tube fluorescent.

Les différents types de lampes de la **centrale thermique** sont énumérés dans le Tableau 2.

Tableau 2: Inventaire des lampes

	Luminaire existant	
TYPES	NOMBRES	PUISSANCE (W)
Les tubes fluorescents T8 1,2m 6500K	1187	36
Les lampes fluo compactes	67	14
Les tubes fluorescents T8 0,6m 6500K	2246	18
Les lampes halogènes	279	400
Les lampes SHP	14	250
Les lampes sodium	64	400
Eclairage public type halogène	127	400
Les panneaux LED	122	40
Les projecteurs LED	18	110
TOTAL	4039	210 142

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

L'inventaire a permis de comptabiliser un total de 4039 luminaires sur le site de Vridi I; ce qui correspond à une puissance totale installée de 210,142 kW.

L'inventaire complet des luminaires et des types de lampes associées est placé en Annexe 7.

c) Etat des lieux.

- Aucun dispositif de détection de présence pour activer l'éclairage (intérieur comme extérieur) n'est présent ;
- Le système d'interrupteur n'est pas optimisé, certaines pièces disposent que d'un seul interrupteur commandant l'intégralité des luminaires de la pièce ;
- Certains luminaires sont hors service ou défectueux (notamment dans les locaux électriques) ;
- Certaines zones ne respectent pas les normes d'éclairement (500 lux pour les zones de travail bureaux et 200 à 300 lux pour le magasin et entrepôt) ;
- Certaines zones sont sur éclairées par rapport à la réglementation en vigueur (800 lux);
- Certains luminaires restent constamment allumés alors qu'aucun besoin de lumière artificielle n'est nécessaire;

Ces observations révèlent la nécessité d'optimisation de poste de consommation. Les solutions d'économie d'énergie préconisées ont également une incidence positive sur la durée de vie des luminaires et donc sur leur coût d'exploitation.

d) Diagnostic de l'éclairage

Le Tableau 12 joint en Annexe 9:Tableau récapitulatif du niveau d'éclairement des locaux résume le diagnostic sur l'éclairage, notamment les lampes défectueuses dans les locaux et surtout l'étude d'éclairagisme pour voir si le niveau d'éclairement est conforme à la norme. Pour ce faire, le niveau d'éclairement existant est mesuré avec un luxmètre et l'étude est réalisée selon la norme NF EN 12464-1. Les notions de base sur les grandeurs photométriques et le niveau d'éclairement recommandé dans les zones de travail dédiées se trouvent en Annexe 8.

Commentaire :

- Dans le Tableau 12 joint en Annexe 9 ; les locaux ayant la mention :
 - ✓ « Excessif », ont un éclairage largement supérieur à celui fixé par la norme ;
 - ✓ « Bon » ont un éclairage légèrement supérieur ou égal à celui fixé par la norme ;

- ✓ « Acceptable » ont un éclairage légèrement inférieur à celui fixé par la norme ;
- ✓ « Mauvais » ont un éclairage amplement inférieur à celui fixé par la norme.
- Les bureaux disposant de baies vitrées et bénéficiant de l'éclairage naturel ont des valeurs d'éclairage supérieures ou égales à la valeur minimale exigée.

2.5. La bureautique

a) Inventaire de la bureautique et bilan de puissance

La bureautique est constituée d'ordinateurs, d'imprimantes, de vidéo projecteur...

La puissance totale des appareils bureautiques (80 kW) du site n'est pas à négliger. La liste exhaustive de l'inventaire de la bureautique et son bilan de puissance est insérée en Annexe 10.

2.6. L'électroménager ;

a) Inventaire de l'électroménager et bilan de puissance

L'électroménager est constitué de four électrique, de microonde, de cafetière, de réfrigérateur etc. La liste exhaustive de l'inventaire de l'électroménager et son bilan de puissance sont insérés dans l'Annexe 11.

b) Diagnostic de l'électroménager

Nous constatons que :

- ✓ Les réfrigérateurs fonctionnent en tout ou rien ; ce qui engendre d'importantes consommations d'énergie.
- ✓ La puissance totale des appareils électroménagers (33,975 kW) du site n'est pas négligeable malgré leur faible quantité.

2.7. Les équipements spéciaux ;

a) Inventaire de l'électroménager et bilan de puissance

Les équipements spéciaux sont : l'ensemble des appareils du Laboratoire (flash test, pH mètre, conductivity mètre...), Centurion, les extracteurs d'air au niveau des TAG et bâtiments, les handryer, les purificateur, etc. La puissance totale des équipements spéciaux du site est 242 kW. La liste exhaustive de l'inventaire des équipements spéciaux et son bilan de puissance est insérée en Annexe 10.

Chapitre III. ANALYSE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES

1. Détermination de la période de référence

Selon l'IPMVP, la période de référence se définit comme la période de temps donnée, choisie pour représenter le fonctionnement du site ou du système avant la mise en œuvre d'une action d'amélioration de la performance énergétique (AAPE). Cette période doit représenter tous les modes de fonctionnement du site, en couvrant un cycle complet passant par les consommations maximales et minimales d'énergie ; et en plus, elle doit être la période antérieure la plus proche de la date choisie pour entreprendre les AAPE. En effet, les périodes plus éloignées ne pourraient pas refléter les conditions telles qu'elles existent immédiatement avant les travaux, et donc, ceci mènerait en porte-à-faux l'estimation d'économie d'énergie. Comme nous le disions plus haut, nous avons choisi l'option C du protocole IPMVP. Dans le cadre de cette option, les données énergétiques de la base de référence peuvent être des données issues des factures. Nous nous sommes donc procuré l'historique des factures d'électricité sur 36 mois au minimum (2017-2019) pour mener une étude qui en plus de déterminer la période de référence, nous permettra de mieux cerner la facturation du site et à l'optimiser si possible.

2. Les principales sources d'énergie

Les principales sources d'énergie sur le site audité sont le gaz naturel, le HVO, le DDO, et l'électricité. Le gaz naturel, le HVO, le DDO servent à la production d'électricité dont une partie est utilisée pour l'alimentation des installations (moteurs, système de climatisation, systèmes informatiques, éclairage ...) du site.

Les groupes électrogènes de secours sont également une source d'alimentation ainsi que le moteur Diesel de lancement des turbines à gaz.

La consommation en kWh des combustibles des turbines est donnée par la formule suivante :

$$\text{Conso (kWh)} = \text{Conso (Nm}^3 \text{ ou l)} * \text{PCI (kWh/(Nm}^3 \text{ ou l))} \quad (Eq\ 10)$$

Nous n'avons pas eu les analyses du laboratoire concernant les combustibles. Nous allons donc utiliser les PCI selon la source: OLADE (Latin American Energy Organization), Energy Statistics Manual, 2017, P132 [3]

- PCI du gaz naturel (kWh/Nm³): 9,44
- PCI du HVO (kWh/l) : 11,04
- PCI du DDO (kWh/l): 11,55

Gaz naturel :

Le gaz naturel ou gaz fossile est un mélange gazeux d'hydrocarbures constitués principalement de méthane, mais comprenant généralement une certaine quantité d'autres alcanes supérieurs et parfois faible pourcentage de dioxyde de carbone, d'azote, de sulfure d'hydrogène ou d'hélium. Naturellement présent dans certaines roches poreuses, il est extrait par forage et est utilisé comme combustible fossile ou par la carbochimie. Le Tableau 3 ci-après présente les différentes consommations de gaz naturel par TAG et illustrer par la Figure 12

Tableau 3: Consommation de gaz naturel des TAG

TAG		2017	2018	2019
Gaz Naturel (Nm3)	TAG 5	52 294 691	33 540 548	53 919 452
	TAG 6	61 403 784	57 298 540	59 843 994
	TAG 7	49 377 005	61 503 819	51 946 756
	TAG 8	150 900 000	132 257 789	154 290 000
	TAG 9	246 427 657	240 230 342	277 880 431
	TAG 10	271 702 770	260 597 709	240 767 239
	TAV	0	0	0
	CENTRALE	832 105 907	785 428 746	838 647 872

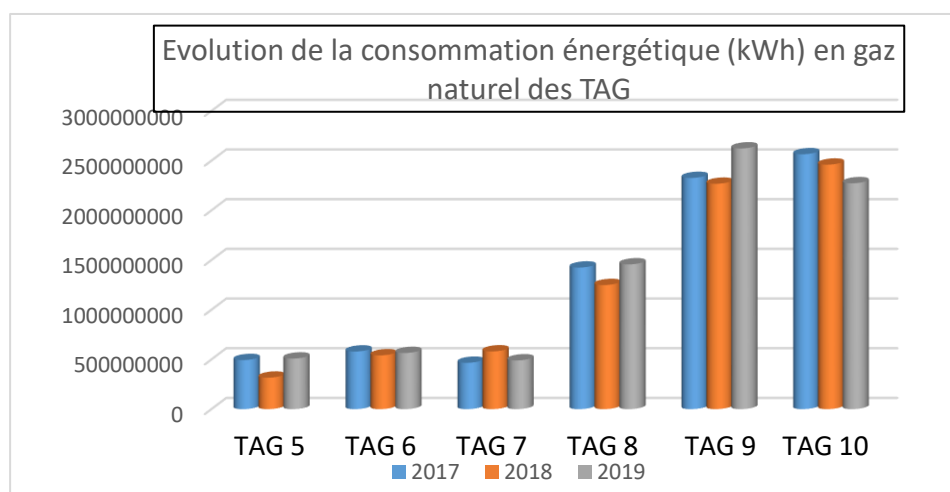


Figure 12: Consommation énergétique de gaz naturel des TAG et TAV

La Figure 12 représente l'évolution de la consommation du gaz naturel par les turbines. La consommation des TAG 8, 9 et 10 sont les plus importantes par rapport aux TAG 5,6 et 7. Cette forte consommation est liée aux temps de fonctionnement et aussi à leurs puissances. Les TAG 5, 6, 7 sont les turbines de 33 MW alors que les TAG 8,9 et 10 sont les turbines 111 MW. En plus les TAG 6000 (5, 6, 7) ne sont pas toujours mise en service. Par contre le graphe de la Figure 13 représente le cumule des consommations des TAG de ces trois années. On assiste à une baisse et une augmentation de 6% de 2017 à 2018 et de 2018 à 2019. Le gaz naturel est utilisé principalement par les turbines à gaz 8, 9 et 10

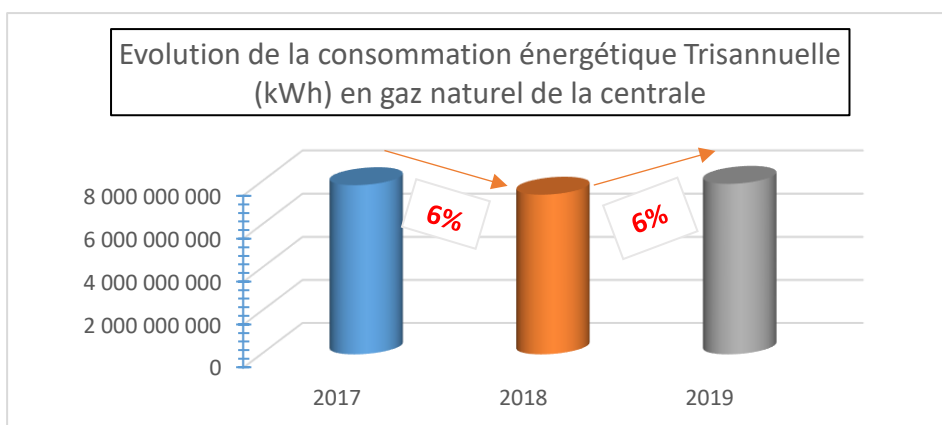


Figure 13: l'évolution de la consommation énergétique en gaz naturel

Le HVO :

Heavy Vacuum Oil (HVO) est un produit issu de la distillation du pétrole brute fabriqué par la SIR en Côte d'Ivoire qui serve comme combustible des turbines à gaz. Le Tableau 4 ci-après présente les différentes consommations du HVO des TAG et illustré par la Figure 14

Tableau 4: Consommation de HVO des TAG

TAG		2 017	2 018	2 019
HVO (litre)	TAG 5	116 406	276 149	1 538 681
	TAG 6	13 994	166 196	131 426
	TAG 7	2 094	222 204	644 235
	TAG 8	1 367	0	0
	TAG 9	0	0	0
	TAG10	0	0	0
	TAV	0	0	0
	CENTRALE	133 861	664 549	2 314 342

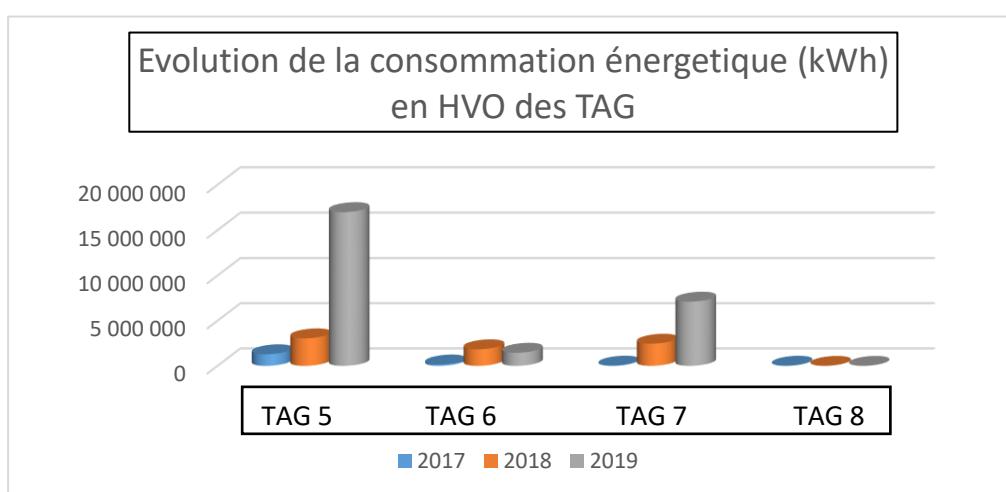


Figure 14: Consommation énergétique de HVO des TAG

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

La Figure 14 présente l'évolution de la consommation du HVO par les turbines à gaz. Seuls les TAG 6000 (TAG 5, TAG 6 TAG 7) et TAG 8 qui consomment du HVO. Les TAG 9 et 10 fonctionnent au gaz naturel. La TAG 5 a la consommation la plus importante car elle est la seule qui fonctionne régulièrement et correctement. La TAG 8 était au arrêt suit à un incendie du transformateur TAM. Elle est à nouveau opérationnelle depuis janvier 2020.

Par contre la Figure 15 présente l'évolution de la consommation cumulée des TAG. Nous avons une très forte augmentation de 94 % de 2017 à 2019. Cette augmentation est due à l'intensité du fonctionnement des TAG 6000 surtout à la TAG 5 suite à l'arrêt de la TAG 8.

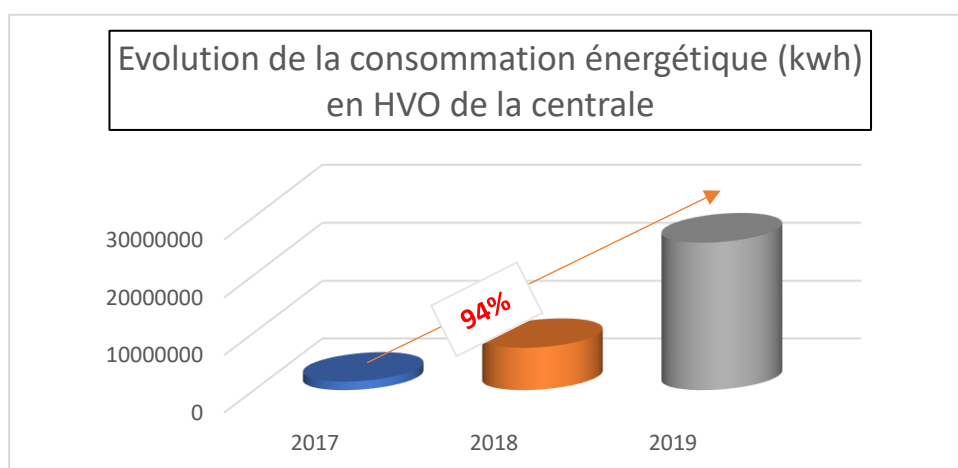


Figure 15: L'évolution de la consommation énergétique en HVO

Le DDO :

Le Distillate Diesel Oil (DDO) est également un produit issu de la distillation du pétrole brute fabriqué par la SIR en Côte d'Ivoire. Il est utilisé comme combustible des turbines à gaz. Le Tableau 5 présente la consommation des TAG en DDO. L'analyse de cette consommation est illustrée par le graphe de la Figure 16.

Tableau 5: Consommation du DDO des TAG

		2 017	2 018	2 019
DDO (litre)	TAG 5	60 243	55 628	103 398
	TAG 6	37 019	101 112	28 995
	TAG 7	12 701	190 724	86 817
	TAG 8	38 411	0	53 684
	TAG 9	608 390	2 263	7 419
	TAG 10	100 000	0	0
	TAV	0	0	0
	CENTRALE	856 764	349 727	280 313

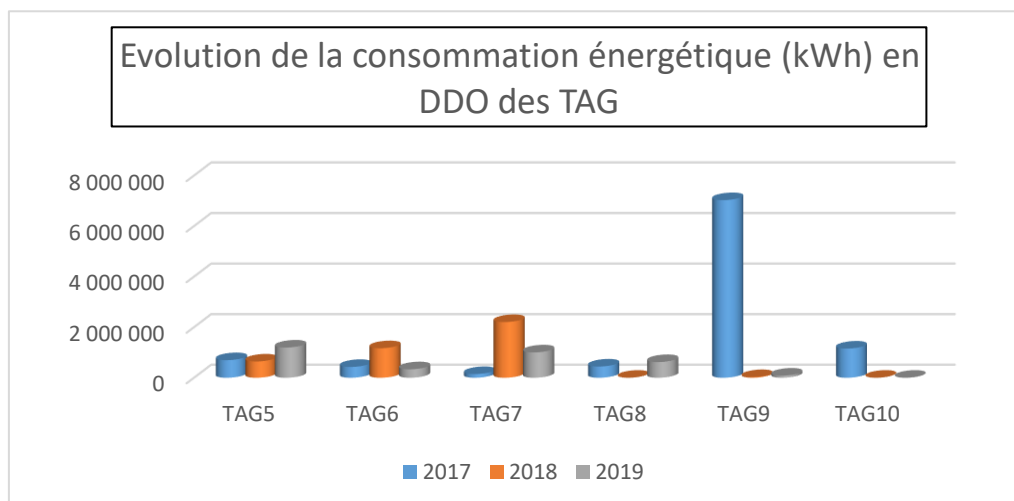


Figure 16: Consommation énergétique de DDO des TAG

Ces résultats expliquent tout simplement que les TAG fonctionnent le plus au gaz naturel et au HVO qu'au DDO, à l'exception de la TAG 9 qui fonctionne le plus en DDO. Quant à la TAG 10, elle fonctionne toujours au gaz naturel. La Figure 17 montre une baisse de manière drastique de la consommation cumulée des TAG en DDO. Cela est dû au TAG 8 et TAG 10 qui n'ont pas fonctionné au DDO en 2018 et 2019.

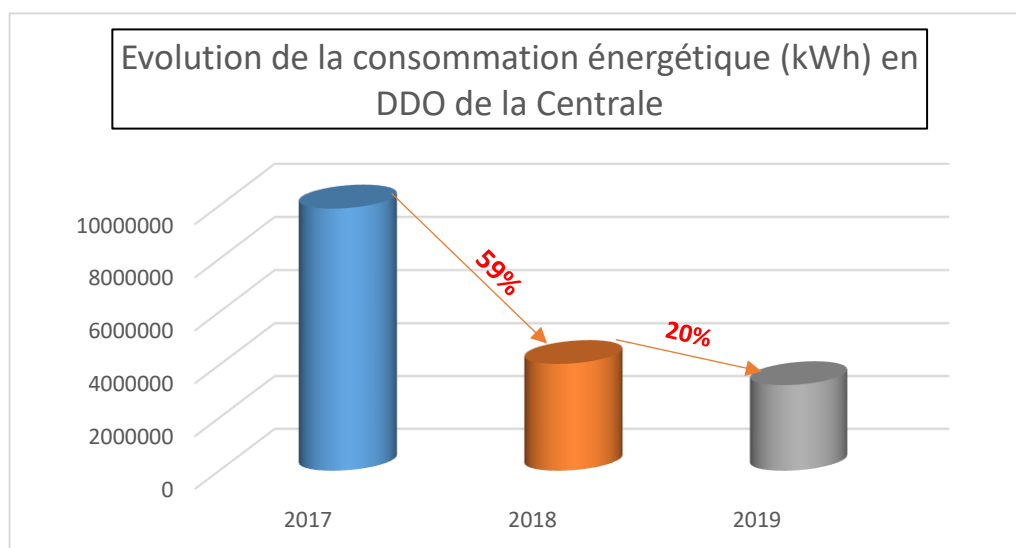


Figure 17: L'évolution de la consommation énergétique en DDO

L'électricité consommée:

Ce Tableau 6 montre la consommation des TAG et TAV en électricités.

Tableau 6: Consommation électrique des Turbines

EN kWh	2 017	2 018	2 019
Énergies consommées par les auxiliaires de la centrale	51 425 777	46 433 468	39 910 837
TAG 5	2 279 315	1 579 196	1 883 571
TAG 6	13	9	3
TAG 7	462 564	1 102 779	611 657
TAG 8	12 900	10 100	9 800
TAG 9	3 060 539	3 063 920	3 193 219
TAG 10	8 626 728	5 976 689	6 165 514
TAV	36 983 718	34 700 775	28 047 073

Les responsables de la centrale ont signalé que suite à la modification du circuit de la TAG 08, le compteur n'enregistre plus l'énergie des auxiliaires, mais celui du moteur de lancement. Donc l'énergie des auxiliaires n'est pas totalement comptabilisée. De même un dysfonctionnement dans le comptage d'énergie au niveau de la TAV en 2020 a été signalé. Sans oublier la TAG 06 qui a une consommation anormale depuis 2017 lié à un problème du compteur.

Une attention particulière devra donc être portée sur la comptabilisation des consommations des TAG et de la TAV dans l'évaluation de la consommation totale du site de production.

- Consommation électrique

L'électricité produite par les centrales électriques est transportée et distribuée aux consommateurs. Pour son fonctionnement **la centrale thermique** consomme une partie de sa production électrique. (Voir Figure 18)

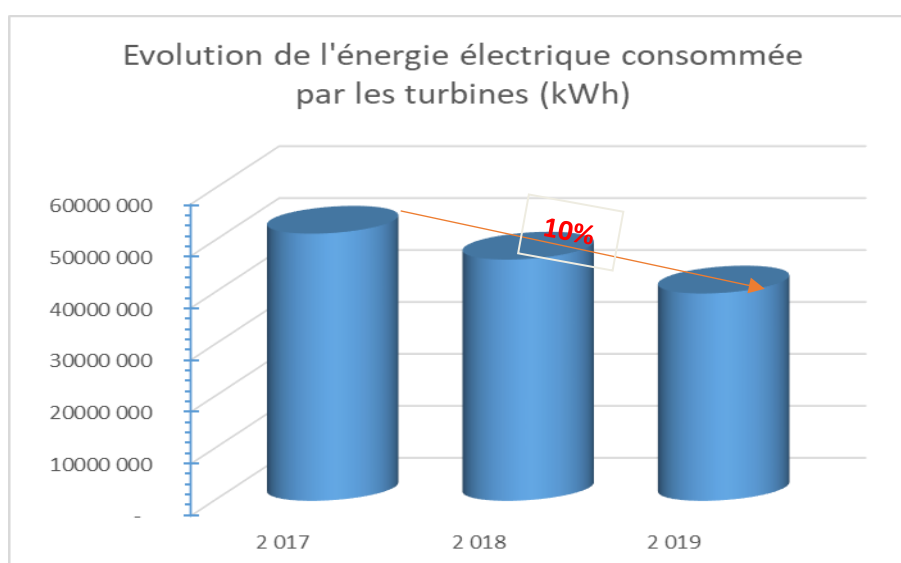


Figure 18: L'évolution de la consommation électrique

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

De 2017 à 2019, la consommation électrique totale a baissé de l'ordre de 10% ; suite à une politique mise en place par la centrale pour optimiser sa consommation électrique.

L'air et l'eau :

L'air en tant que source d'énergie est utilisé dans les chambres de combustion des turbines à gaz pour brûler le combustible, tandis que l'eau est transformée en vapeur surchauffée dans les chaudières de récupération pour être détendue dans la turbine à vapeur.

L'eau utilisée à l'usine est fournie par la Société de Distribution d'Eau (SODECI). Une partie est à usage domestique et l'autre partie est traitée surplace (deminéralisée) et est utilisée pour les circuits de refroidissement de TAV et des TAG. Nous n'avons pas d'information au niveau de la quantité d'eau traitée sur le site ; cependant, nous avons les éléments utilisés pour le traitement de l'eau ce sont :

- ✓ Le Sulfate d'Alumine
- ✓ L'Hypochlorite de calcium
- ✓ Le carbonate de soude

Les temps de fonctionnement

Ce **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**, montre le cumule des heures de fonctionnement des turbines à gaz.

Tableau 7: Tableau représentant les heures de fonctionnement des TAG

<i>Index</i>	<i>TAG5</i>	<i>TAG6</i>	<i>TAG7</i>	<i>TAG8</i>	<i>TAG9</i>	<i>TAG10</i>
Index au 1er janv. 17	170173	164631	168467,6	148588	54584,8	21493
Index au 01 janv. 20	191198,8	188319,4	189686,7	168968,1	77466,6	45154,3
Heure de flamme TAG	21025,8	23688,4	21219,1	20380,1	22881,8	23661,3

Le diagramme de la Figure 19 montre que les TAG sont en activités pratiquement toute l'année avec une moyenne de 7000/ 8760 heure. Les TAG ont fonctionné plus les années 2017 et 2019 par rapport à année 2018 ce qui explique la consommation en V du gaz naturel, le combustible le plus utilisé.

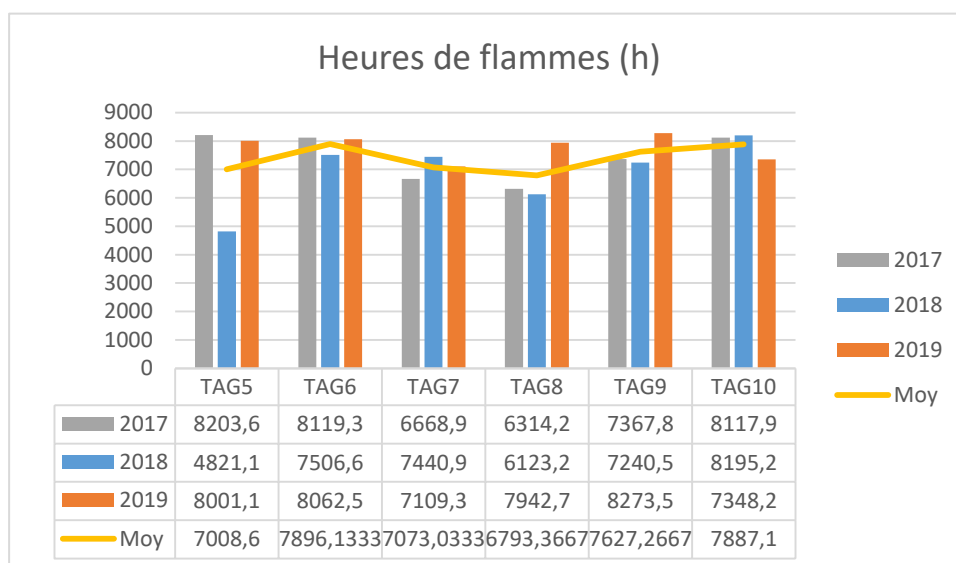


Figure 19: Les heures de fonctionnement des TAG

La production électrique.

Vridi I dispose d'un parc de production de 3 810 GWh, sa production brute en 2018 est de 8% de moins que les deux autres années. (Voir Figure 20)

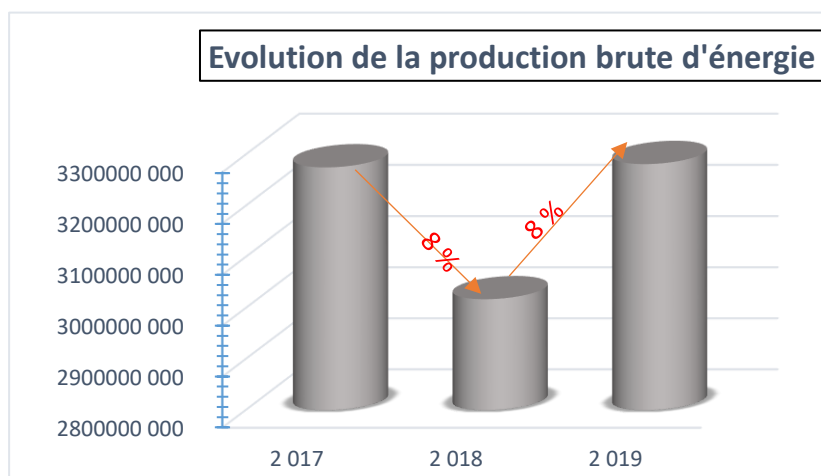


Figure 20: L'évolution de la production brute en kWh

La production brute de 2018 est en deçà de 8 % que les autres années ; ce qui est justifié par l'arrêt des TAG par moment. Le temps de flamme de 2018 est au plus bas niveau par rapport aux autres années. Sur la figure ci-après la production nette a subi la même progression.

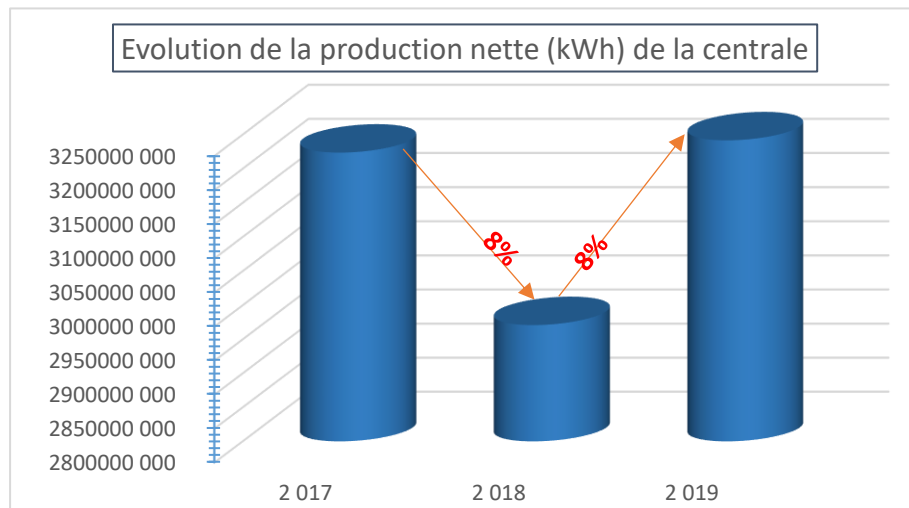


Figure 21: L'évolution de la production nette.

La différence entre la production brute et la production nette est la consommation électrique de la centrale. Sur ces trois dernières années, l'évolution de cette différence est de 2% à 1%.

Les rendements :

Les rendements des TAG ont été calculés par l'équation (Eq 11) et celui de la TAV n'a pas été calculé, faute de manque de données thermique concernant la chaudière de récupération. Les rendements des TAG sont représentés par le diagramme de la figure 24.

$$\eta_{TAG(X)} = \frac{\text{Energie brute produite TAG}(X)}{\text{CombTAG}(X) + \text{Conso Elec TAG}(X)} \quad (\text{Eq 11})$$

Le rendement des turbines à gaz varie de 26% à 34% avec un rendement moyen de 30%. Le cycle combiné à un rendement de 50% et la centrale dans l'ensemble à un rendement de 40%. (Voir Figure 22)

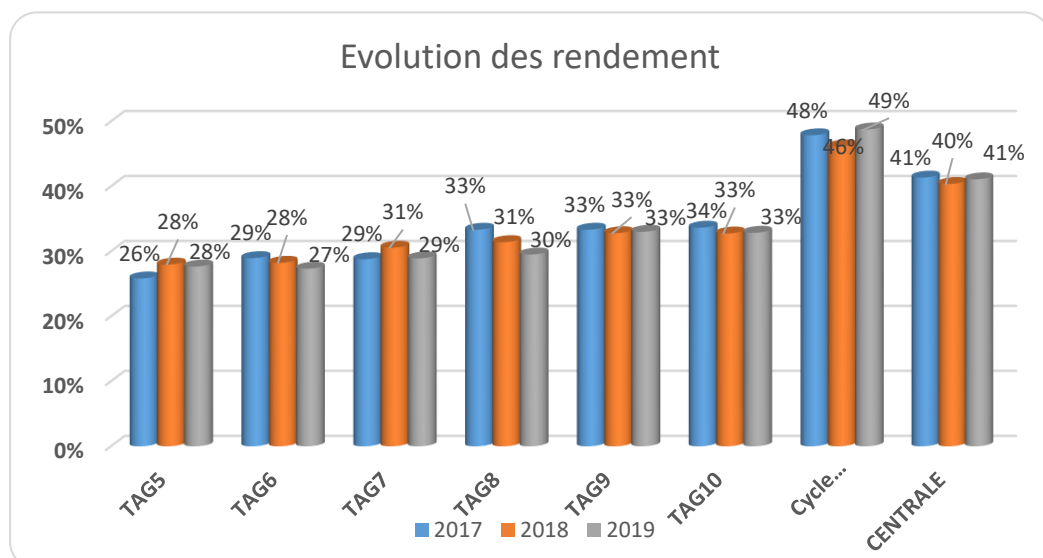


Figure 22: L'évolution des rendements

3. Consommation d'énergie

Lors de l'audit, nous avons réalisé plusieurs bilans de consommations du site par le biais des données transmises et des campagnes de mesures effectuées par nos équipes.

En conséquence, nous avons pu effectuer les répartitions de consommations suivantes :

- **Répartition par sources d'alimentation** : Soutirage (Poste Source) ;
- **Répartition par Poste de consommation** : Turbine à gaz, Turbine à vapeur, Climatisation, Éclairage, autres (auxiliaires, prises, etc.).

Nous avons analysé les données de consommation afin de vérifier que les données transmises par **la centrale thermique** sont cohérentes avec nos campagnes de mesures.

Les principales postes énergivores sont les suivantes :

- ✦ Par type de production
 - Les consommations liées à la chaîne de production de la turbine à vapeur : 28 047 073 kWh/an
 - Les consommations liées à la chaîne de production des turbines à gaz : 11 863 764 kWh/an
- ✦ Par usages, nous avons :
 - Moteurs : 34 906 534 kWh/an
 - Climatisation : 1 644 656 kWh/an
 - Bureautique : 1 532 213 kWh/an
 - Éclairage : 940 615 kWh/an

Par ailleurs, il faut noter que **Vridi I** s'autoalimente en énergie grâce au sous - tirage. Pour mieux l'appréhender, il est nécessaire de bien comprendre son fonctionnement. La centrale thermique est un site de production d'électricité par turbines à gaz et à vapeur. Ce site dispose néanmoins d'usages conventionnels du secteur tertiaire. On retrouve en conséquence :

- Des besoins d'éclairage ;
- Des besoins de climatisation ;
- Des besoins d'électroménager
- Des besoins de pompage ;
- Des besoins de lubrification
- Des besoins de déminéralisation ;

- Bureautique (traitement et stockage de données, impression, reprographie).

4. Répartition des consommations par sources d'alimentation

Nous avons réalisé une répartition des consommations par unité de production du site à l'aide des données transmises par **la centrale thermique**. (Voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) Ce bilan de consommations est issu des sous - tirages. Et **2019** est pris comme année de référence.

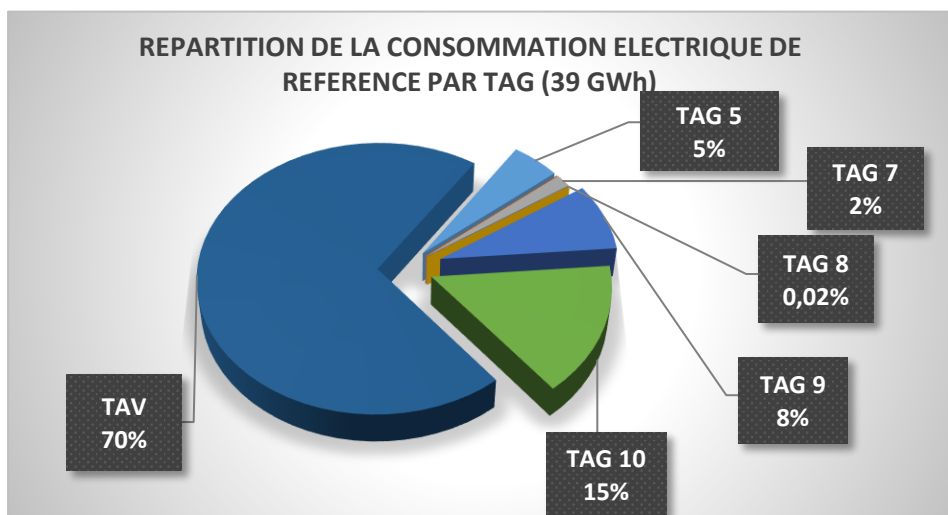


Figure 23: Répartition de la consommation électrique par TAG et TAV

NB : La TAG 6 n'a été représentée sur le camembert, car sa consommation de (3kWh) est insignifiante devant les autres consommations. Il se manifeste par un pourcentage nul sur le camembert. Le plan de mesurage réalisé, pour la supervision du site, intègre les consommations issues des soutirages.

5. Répartition par poste de consommation

Cette répartition des consommations permet d'avoir un visuel sur les postes de consommations les plus énergivores de **la centrale thermique**. (Voir **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**)

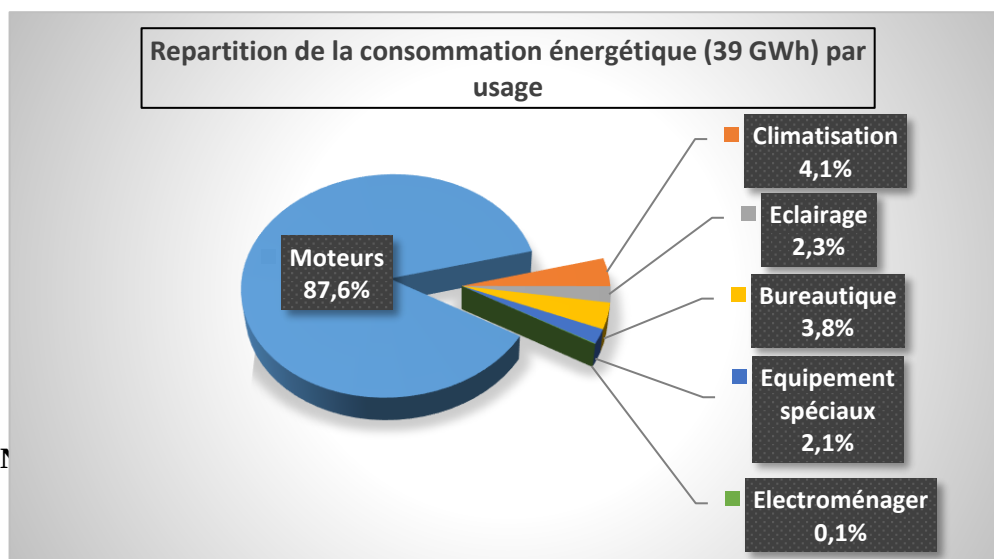


Figure 24: Répartition des consommations par usage

Cette répartition des consommations a pu être effectuée suite à :

- Une campagne de mesure au niveau des TAG 5-6-7-8-9- 10 et TAV ;
- Un recensement des usages de la centrale;
- L'exploitation des données transmises par la centrale.

NB : Les équipements spéciaux sont : l'ensemble des appareils du Laboratoire, les fours électriques au niveau de la cuisine, les extracteurs d'air au niveau des TAG et bâtiments, les handdryer, etc.

L'étude de chacun de ces usages énergétiques nous a permis de proposer les solutions les plus viables techniquement et économiquement.

6. Répartition par secteur d'activité (Bureau – Usine)

Le graphe ci-contre représente la consommation de chaque partie de l'entreprise (partie administratif et partie usine de production électrique).

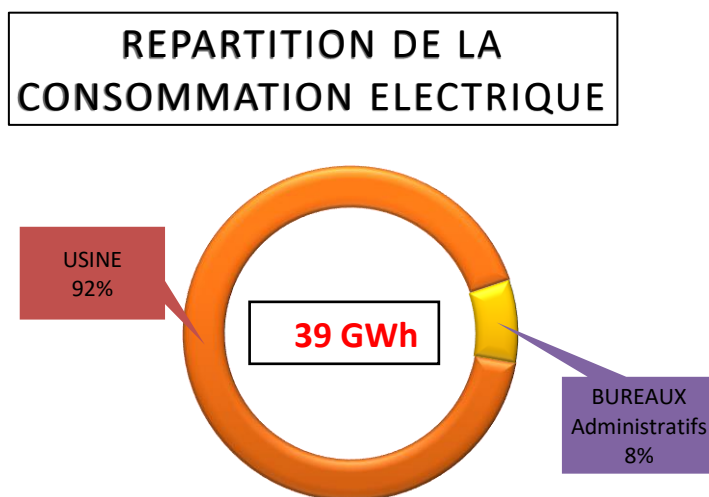


Figure 25: Représentation global de l'administration et l'usine

Les installations administratives et restauration (Bâtiments administratifs, et cantine) occupent 8% dans la consommation globale de l'entreprise et la partie usine représente les 92% restant.

7. Diagrammes des flux énergétiques

Les schémas des flux énergétiques de chaque unité de production se trouvent en Annexe 13.

8. Résultat des campagnes de mesures

Pour obtenir une bonne répartition de la consommation énergétique du site dans le but de déceler avec précision les postes énergivores et de proposer des solutions associées, on a réalisé des mesures électriques sur les usages énergétiques significatifs (UES) du site. Selon la norme ISO 50 001 : 2018, deux critères permettent de définir un usage énergétique significatif. Sa part dans la consommation globale du site ou le potentiel d'économie d'énergie sur l'usage. Une collecte en temps réel des grandeurs électriques (Énergie, puissance, tension, courant...) des installations électriques du site audité a été réalisée à l'aide d'analyseurs d'énergie.

9. Analyse des grandeurs électriques, températures, éclairements et thermique mesurées

Les mesures électriques ont été réalisées sur les départs des UES du site. Elles ont été prises pendant neuf (09) jours du 26 Août au 07 Septembre 2020. Les résultats et les analyses de ces grandeurs électriques sont disponibles en Annexe 14

Chapitre IV: SOLUTIONS D'ECONOMIE D'ENERGIE ET ANALYSE FINANCIERE

Notre étude détaillée a permis de déceler les postes énergivores sur le site Vridi I. Les consommations énergétiques des postes peuvent être réduites grâce aux AAPE. Les calculs se feront à l'aide des équations (Eq 4) et (Eq 5) vues dans le sous-titre «9» du chapitre I (partie I).

De même, les émissions du CO₂ évitées seront calculées avec la formule suivante :

$$EmCO_2 = P_{annuelle} \times FE_{hmoyen} \quad (Eq\ 13)$$

- Em_{CO_2} : Emissions CO₂ évitées en kg eq. CO₂/an ;
- $P_{annuelle}$: Production annuelle réelle ou anticipée en kWh ;
- FE_{hmoyen} : Facteur d'émission du kWh (égale à 0,445 kg eq CO₂/kWh

[Source Base carbone 2016]. Annexe 12

1. Liste des potentiels d'améliorations énergétiques

L'étude détaillée que nous avons réalisée a permis de déceler une multitude d'améliorations pouvant mener à des économies d'énergie pour le site de la **centrale thermique**. Ces améliorations sont représentées par un lot de solutions permettant d'obtenir le meilleur temps de retour sur investissement possible.

La mise en œuvre des préconisations que nous avons recommandées permettra d'atteindre une réduction de **10%** sur la consommation de référence (consommations électriques de 2019) de la **centrale thermique**.

✦ Les économies d'énergie se feront significativement sur :

Le système de mesurage : Élaboration et mise en œuvre d'un système de mesurage pour quantifier pertinemment les usages énergétiques significatifs par équipement ou par groupe de machines ;

Le système de supervision : Mise en place d'un système de supervision avec la production d'un rapport mensuel facilitant les prises de décisions relatives à la performance énergétique du site ;

Les moteurs : La pose d'une Solution de surveillance à distance pour les moteurs basse tension et le remplacement de certains moteurs de classe de rendement IE1 par des moteurs à haut rendement IE 3 au minimum.

Le système de climatisation : le système de climatisation de l'ensemble du site fera l'objet d'optimisations ci-après :

- *La mise en place de dispositifs économiseurs sur les climatiseurs de type « split » non INVERTER alimenté au R 410 A ou au R 407 C ;*
- *Remplacement de tous les splits non inverter alimentés au R 22 par les splits inverter ;*
- *Remplacement des climatiseurs de type « fenêtre » par des climatiseurs de type « split » Inverter*
- *Remplacement du système de climatisation ROOFTOP vieillissant par un système VRV.*

Le système d'éclairage : le système d'éclairage de l'ensemble du site sera optimisé en remplaçant une grande partie des luminaires par des luminaires équivalents de technologie LED. Les lampadaires classiques seront remplacés par des lampadaires solaires.

Le système de production : le système de production correspond aux 7 turbines produisant de l'électricité du site (556 MW). La principale optimisation portera sur :

- *La valorisation de la chaleur fatale dégagée par les turbines à gaz 5, 6, 7 et 8.*

Le référent énergie : Un collaborateur de **Vridi I** chargé de la gestion de l'énergie au sein de l'entreprise est nécessaire pour assurer une supervision en interne de la contrainte énergétique et d'être en constante veille technologique afin de viabiliser l'avenir de l'entreprise.

L'optimisation des éco comportements : la sensibilisation et la formation des personnels de Vridi I sur les nouveaux dispositifs d'économie d'énergie et toutes les préconisations d'éco-comportement qu'ils devront respecter pour d'atteindre l'objectif de réduction des consommations définit dans ce rapport.

Le mesurage et le monitoring du système énergétique permettront également de faire des économies substantielles dans une dynamique de management de l'énergie. Ce dernier sera valorisé par l'implémentation d'éco comportements inculqués à l'intégralité des responsables de **Vridi I** pour optimiser également l'aspect comportemental.

2. Solutions d'économie d'énergie – Système d'éclairage

Le remplacement d'une grande partie des luminaires (intérieurs et extérieurs) par des luminaires de type LED permettra d'accroître la durée de vie des lampes tout en abaissant leurs consommations. Ce qui induit une diminution du coût de fonctionnement et d'entretien du poste d'éclairage. Le Tableau 8 résume le nombre et la puissance des lampes présentent sur le site.

Tableau 8: Types de lampes

TYPES	Luminaire existant	
	NOMBRES	PUISSANCE (W)
Les tubes fluorescents T8 1,2m 6500K	1187	36
Les lampes fluo compact	67	14
Les tubes fluorescents T8 0,6m 6500K	2246	18
Les lampes halogènes	279	400
Les lampes HPS	14	250
Les lampes sodium	64	400
Eclairage public type halogène	127	400
Les panneaux LED	122	40
Les projecteurs LED	18	110
TOTAL	4039	210142

La part des LED pré existants est représentée par le graphe ci-dessous :

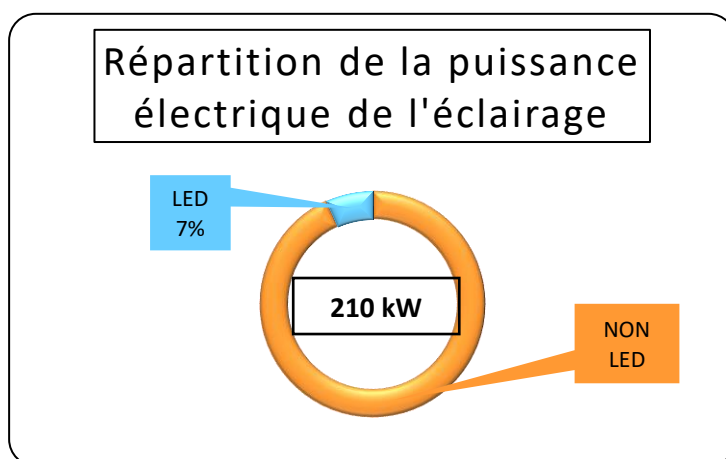


Figure 26: Répartition de la puissance de l'éclairage

Cette solution s'appliquera à la majorité de l'éclairage de **la centrale thermique**. Le principe est de remplacer l'éclairage existant non-LED par des luminaires LED standardisés pour homogénéiser l'installation. Le taux de LED pré existants représente 3% dans le total.

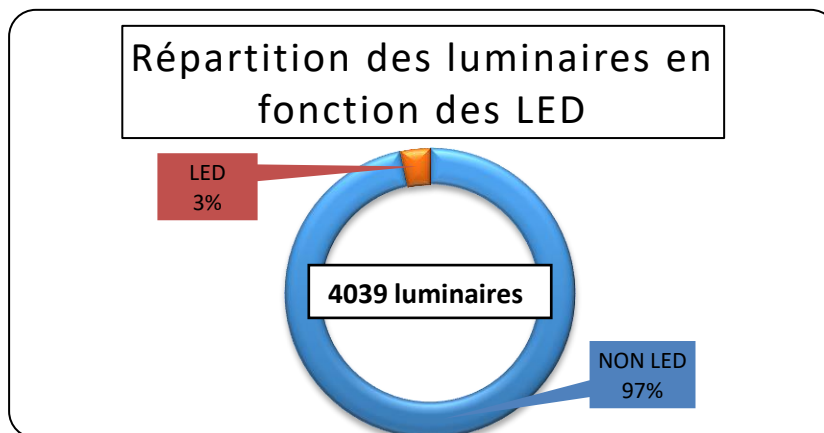


Figure 27: Taux des luminaires LED et NON LED

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Les solutions préconisées permettront d'atteindre une réduction des consommations de l'ordre de **50%** sur la consommation globale des luminaires du site et de **1%** sur la consommation global du site.

Un bilan corrélé à la réalité des usages et donc des consommations devra être fait par le biais d'un plan de mesurage qui permettra de récolter sur une plage d'un à deux mois les consommations initiales de l'éclairage du site.

Liste des luminaires à optimiser :

Ci-dessous, retrouver l'état énergétique des luminaires à optimiser. Pour La liste exhaustive, voir Annexe 7

Légende	
	Bon
	Mauvais

Désignation Bâtiment	Désignation Local	Type de Lampes	Nombre de lampes	Etat physique	Etat énergétique
BATIMENT ELECTRIQUE	POSTE DE CONTRÔLE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	72	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	SALLE SERVEUR	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	78	vetuste	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	LOCAL INCENDIE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	12	vetuste	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	COULOIR R+1	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	32	vetuste	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	CCM	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	40	vetuste	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	TOILETTE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	8	vetuste	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	TOILETTE	Fluo compact E27 14w 6500k	7	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	BUREAU PC	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	STOCKAGE ROOM	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	ESCALIER	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	ARCHIVES 1	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	112	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	ARCHIVES 2	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	28	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	GESTION DE STOCK	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	84	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	LOCAL MV	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	20	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	LOCAL LV	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	50	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	LOCAL MTG	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	16	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	TOILETTE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	TOILETTE	Fluo compact E27 14w 6500k	7	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	LOCAL CCM TAG10	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	32	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	COULOIR	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	ESCALIER	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	10	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	DALLE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	1	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	LOCAL MATERIEL	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	18	Bon	Mauvais

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

2.1. Nouveaux luminaires LED

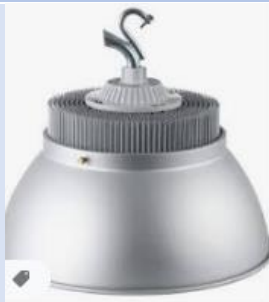
Les Tableau 9 ci-dessous proposés contiennent un exemple de luminaire en remplacement des luminaires existants.

Tableau 9: Existants et solutions LED proposées 1

LUMINAIRES EXISTANTS			SOLUTIONS LED		
Type	Puissance	Illustration	Type	Puissance	Illustration
Les tubes fluorescents T8 1,2m 6500K	36W		Tube LED T8 1200 mm	18W	
Les tubes fluorescents T8 0,6m 6500K	18W		Tube LED T8 600 mm	9W	
Les lampes fluo compactes	14W		Ampoule LED E27	7W	

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Tableau 10: Existants et solutions LED proposées 2

LUMINAIRE EXISTANT			SOLUTIONS LED		
Type	Puissance	Illustration	Type	Puissance	Illustration
Les lampes halogènes	400W		Ampoule LED	150W	
Les lampes SHP	250W				
Les lampes sodium	400W				
Éclairage public type halogène	400W		Lampadaire solaire	60W	

3. Solutions d'économie d'énergie – Système de climatisation

Par le biais de la solution ci-dessous, il sera possible de faire environ **47%** d'économie d'énergie par rapport aux consommations initiales du Poste climatisation et environ **1,4%** par rapport à la consommation totale de **la centrale thermique**.

Optimiser les splits existant en ajoutant les dispositifs économiseurs.

Remplacement des climatiseurs « fenêtres » par des climatiseurs « split » dotés de la technologie INVERTER.

Remplacement des rooftops par des VRV.

Remplacement des climatiseurs utilisant le R22 ;

Remplacement des climatiseurs dont l'EER est inférieur à 2,40 en rouge dans la liste des climatiseurs ci-après par des splits dotés de la technologie INVERTER ;

Liste des climatiseurs à optimiser :

Ci-dessous, retrouver l'état énergétique des climatiseurs à optimiser. Pour La liste exhaustive, voir Annexe 6

Légende	
	Bon
	Mauvais

Désignation Bâtiment	Désignation Local	Type de climatisé	EER	Type de réfrigéra	Etat physique	Etat énergétique
BATIMENT ELECTRIQUE	Salle de commande	ARMOIRE	5,95	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT ELECTRIQUE	Salle serveur	ARMOIRE	4,76	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT ELECTRIQUE	Local CCM	ARMOIRE	4,76	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT ELECTRIQUE	Poste de contrôle	Cassette	1,89	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Salle de repos	Cassette	1,89	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Archive 1	Cassette	1,89	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Archive 2	Cassette	1,88	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Salle Achive Achats	Cassette	1,89	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Salle de conférence 1	Cassette	1,89	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Salle de conférence 2	Cassette	1,89	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Bureau Achats	Cassette	1,89	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Local MV	Gainable	1,73	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Local LV	Gainable	1,73	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Local CCM TAG 10	Gainable	2,10	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Local MTG			R410-A	Bon	Mauvais

3.1. Optimisation énergétique des splits existants

Au total, 48 climatiseurs individuels ont été dénombrés. Ceux-ci bénéficieront un dispositif de contrôle afin de réaliser un maximum d'économies d'énergie sur ce Poste de consommation.

Ce dispositif permet de réduire la consommation en électricité d'un climatiseur de type split tout en améliorant le confort de l'utilisateur. Il permet également d'accroître la durée de vie des équipements électriques du climatiseur (réduction ainsi des coûts de maintenance et d'entretien). Voir Figure 28

Fonctionnement global d'un dispositif économiseur :

- Un dispositif installé par climatiseur de type split ;
- Le dispositif est raccordé à l'unité intérieure au niveau de l'évaporateur ;
- Le dispositif optimise la cartographie gérant le compresseur (unité extérieure) et l'évaporateur (unité intérieure) afin de réduire les consommations électriques tout en augmentant le confort de l'utilisateur (en stabilisant la température de consigne).

Fonctionnement détaillé du dispositif :

Le dispositif est un économiseur d'énergie dédié au poste de la climatisation individuelle. Il a pour objectif de réduire considérablement les coûts d'énergie liés au fonctionnement du climatiseur tout en maintenant et en améliorant le confort ressenti par l'utilisateur. Sa principale application est pour le secteur tertiaire et le secteur résidentiel.

L'installation du dispositif dans un climatiseur conventionnel le transformera en un système intelligent capable de réduire jusqu'à 35% sa consommation énergétique. Pour ce faire, il ajoute une détection de température très précise intégrée à un logiciel d'auto apprentissage d'algorithmes conçus pour détecter quand la saturation thermodynamique est atteinte.

Lorsque cette surcapacité est détectée, le dispositif éteint le compresseur pour éviter le gaspillage d'énergie. D'autre part, il permet également de laisser fonctionner le ventilateur (qui n'utilise que 20% de la consommation d'énergie d'un climatiseur) afin d'extraire la chaleur froide latente « libre » qui a été emmagasinée dans l'échangeur thermique.

Le dispositif calcule ensuite le moment optimal pour remettre le compresseur en marche afin qu'il puisse fonctionner de nouveau en maximisant son efficacité.

Enfin, le dispositif surveille et contrôle en permanence le fonctionnement du climatiseur et s'adapte aux changements de conditions (température de consigne, température intérieure, etc.) afin d'optimiser l'efficacité tout en garantissant un confort maximal pour l'utilisateur.

Les avantages du dispositif ne se limitent pas aux économies d'énergie :

- Amélioration du confort en modérant intelligemment le cycle de refroidissement.
- le dispositif réduit le soufflage d'air froid qui est très souvent surdimensionné sur les climatiseurs lambda.
- Réduction de la maintenance en minimisant le cycle court du compresseur pour les climatiseurs non optimisés.
- Prolongation en conséquence de la durée de vie du climatiseur et réduction de son coût d'entretien.
- Réduction de la chaleur, du bruit et des vibrations présentes dans le compresseur ;
- Économies d'énergie : économie typique de 10-15% et jusqu'à 35% selon les appareils.

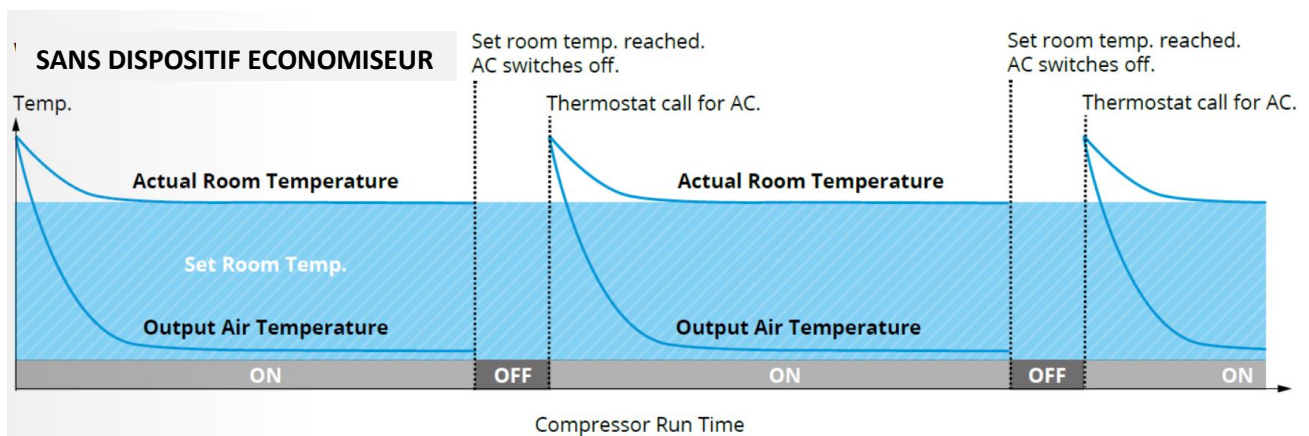


Figure 28 : Fonctionnement d'un climatiseur conventionnel sans le dispositif économiseur

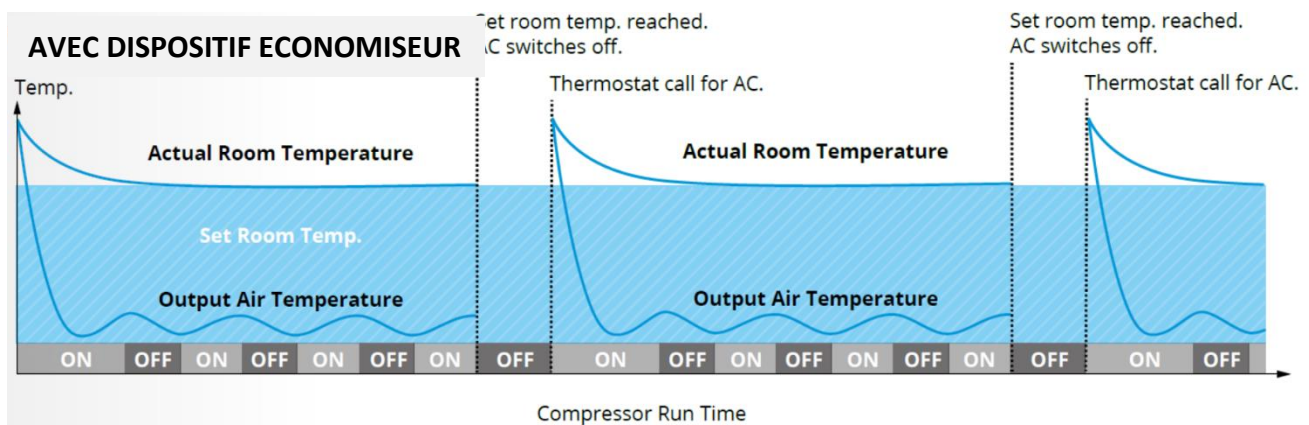


Figure 29 : Fonctionnement d'un climatiseur conventionnel avec économiseur

3.2. Remplacement du système « ROOFTOP » par le système VRV

Les unités Rooftops qui alimentent le bâtiment administratif en alternance sont au nombre de 5. La solution retenue pour cette climatisation centrale sera donc, le remplacement de celle-ci par la climatisation de types VRV. Voir Figure 30

Principe de fonctionnement :

Le VRV est une technologie qui fait alterner le volume de réfrigérant dans un système en fonction des besoins précis du bâtiment. **Seule une quantité minimale d'énergie est requise pour permettre à un système de maintenir les températures de consigne** et d'assurer sa mise hors tension automatique lorsqu'aucun occupant n'est détecté dans une pièce. Ce mécanisme unique en son genre permet une durabilité supérieure à long terme, car les utilisateurs réalisent des économies sur les coûts énergétiques tout en réduisant les émissions de carbone de leur système.

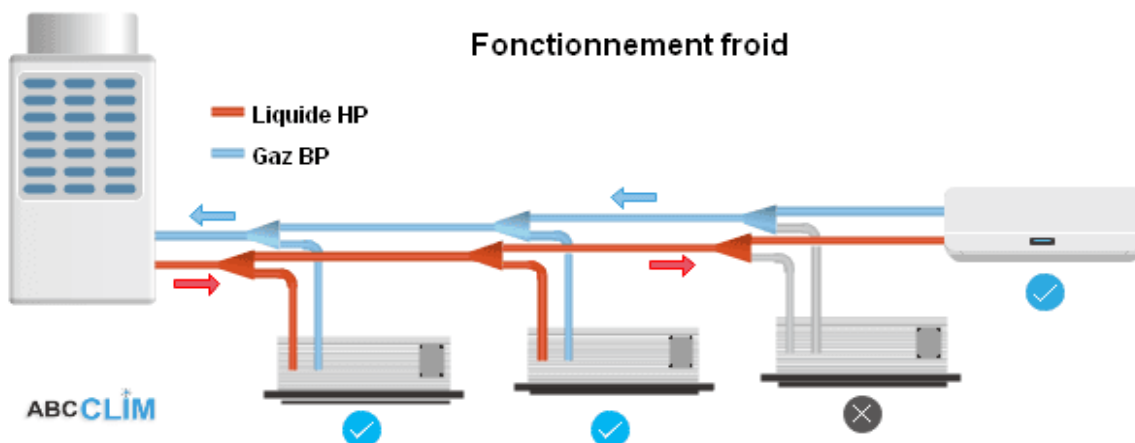


Figure 30: principe de fonctionnement des VRV

3.3. Remplacement des climatiseurs « fenêtres » et splits alimentés au R22 par des splits INVERTER

Les climatiseurs types fenêtre ou utilisant du R22 sont en tous 43 climatiseurs dont 02 de types fenêtre qui seront remplacés par des climatiseurs de type **split** et de technologie **Inverter** (DAIKIN FTXB35C + RXB35C) afin de réaliser un maximum d'économies d'énergie sur ce Poste de consommation. Voir Figure 31

Ci-dessous une présentation du fonctionnement et des avantages de la technologie Inverter :

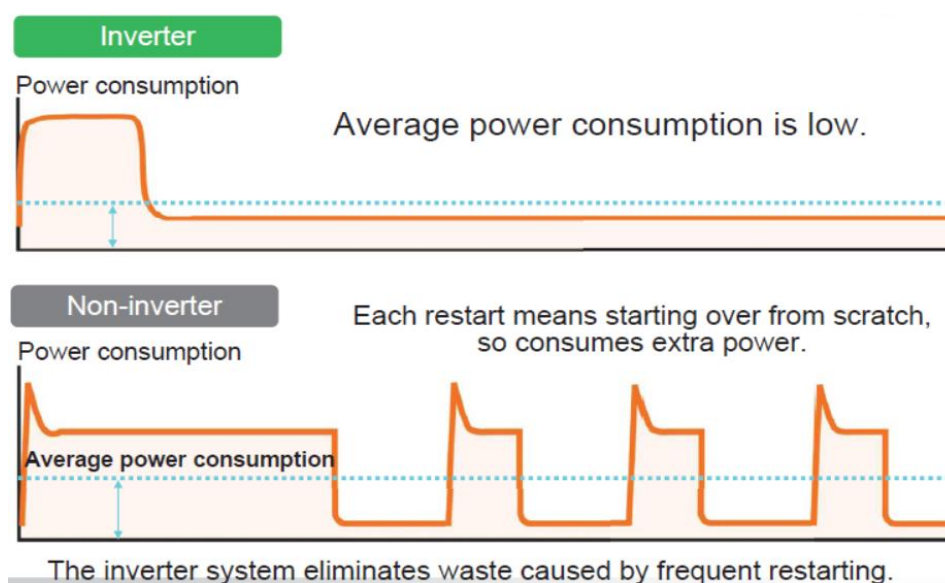


Figure 31: Fonctionnement des climatiseurs de type inverter

La représentation ci-dessus montre la différence de consommation entre un climatiseur sans Inverter et un climatiseur avec Inverter.

Un climatiseur avec Inverter permet d'atteindre un refroidissement initial plus rapide qu'un climatiseur sans Inverter. Suite à l'atteinte de la température de consigne, la charge du compresseur est optimisée de sorte à diminuer puis stabiliser la consommation d'énergie pour garder constamment la température de consigne.

D'autre part, la technologie Inverter permet également d'augmenter la durée de vie du climatiseur. En effet, en optimisant la charge du compresseur ce dernier est moins et mieux sollicité, ce qui engendre une augmentation de la durée de vie du matériel et une baisse des coûts d'entretien et de maintenance.

Enfin, l'utilisateur qui remplacera son climatiseur conventionnel par un climatiseur Inverter remarquera immédiatement une amélioration de confort. Cela est expliqué par le fait qu'un climatiseur Inverter **rafraîchit** en continu au lieu de **refroidir** sporadiquement l'air ambiant. Le ressenti est vital, car le but premier d'un climatiseur est de rendre son environnement agréable pour vivre et travailler.

De ce fait, il n'est pas négligeable d'omettre ce gain apporté par la technologie Inverter, car faire des économies d'énergie ne doit pas être au détriment de la qualité et de son confort de vie.

Ce type de climatiseur permet de faire environ 50% d'économie par rapport à un climatiseur conventionnel.

Les éco comportements suivants devront être par ailleurs impérativement respectées pour atteindre le potentiel d'économie de 50% (sur le poste de la climatisation) annoncé dans ce rapport d'étude détaillée :

- Respect de la température de consigne à 25°C (si un inconfort est ressenti, un entretien au niveau du climatiseur doit être effectué) ;
- Fermer les portes et fenêtres d'une pièce munie d'un ou de plusieurs climatiseurs ;
- Éteindre le(s) climatiseur(s) lors de départs supérieurs à 10 minutes ;
- Éteindre le(s) climatiseur(s) le vendredi soir, avant le week-end ;
- Respecter la périodicité d'entretien des climatiseurs (unités intérieures et extérieures) : tous les deux mois.

4. Solutions d'économie d'énergie – Les Moteurs

4.1. Dispositifs économiseurs - Moteurs

La pose du dispositif de surveillance des moteurs permettra d'accroître la durée de vie des moteurs et par la même occasion réduire leurs consommations. Ce qui induit une diminution du coût de fonctionnement et d'entretien des moteurs. (Voir les Figure 33ci-dessus)



Figure 32: Dispositif économiseur

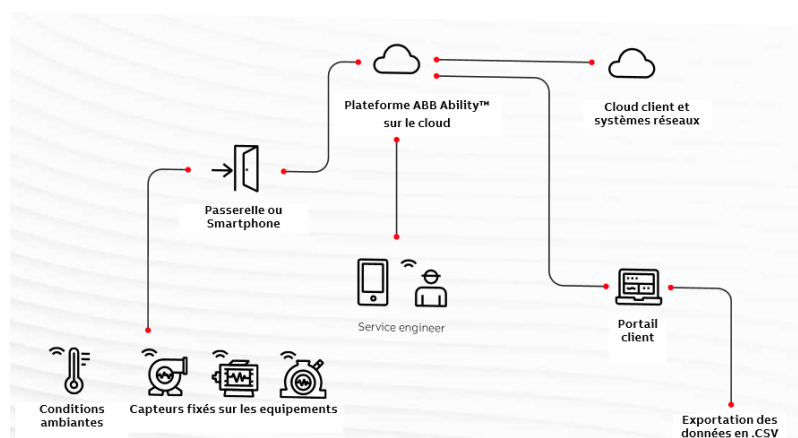


Figure 33: Fonctionnement du dispositif

Le capteur surveille les signaux du moteur en mesurant avec précision et à intervalles réguliers les paramètres clés. Les données sont ensuite transférées grâce à la technologie basse énergie intégrée Bluetooth® vers un smartphone ou une passerelle puis vers un serveur cloud sécurisé. Les données, qui sont cryptées et stockées dans le cloud, sont communiquées via des protocoles de cryptage standard dans l'industrie.

Le dispositif s'installe facilement sur les moteurs, sans câblage. Pour les moteurs déjà installés, des kits de retrofit permettent une mise en œuvre sur le terrain. Le montage et la

configuration des capteurs ne prennent que quelques minutes. Ils sont compatibles avec presque tous les moteurs neuf ou anciens basse tension.

Dans cette solution, la durée de vie des moteurs est la plus valorisée. Au compte de notre analyse, nous proposons donc, l'installation de ces dispositifs sur l'ensemble des moteurs basse tension, soit 466 moteurs.

Selon le constructeur, Le capteur intelligent du dispositif est une solution de surveillance qui permet d'appliquer la maintenance prédictive pour quasiment tous les moteurs basse tension. En surveillant et en analysant les paramètres de fonctionnement du moteur, il permet aux utilisateurs d'optimiser leur maintenance et ainsi de limiter les temps d'arrêt jusqu'à 70 %, de prolonger la durée de vie des moteurs jusqu'à 30 % et de réduire la consommation d'énergie jusqu'à 10 %.

Dans le cadre de notre étude nous prendrons **5% de** la réduction de consommation électrique.

4.2. Remplacement de certains moteurs par des moteurs à haut rendement

DESCRIPTION DES MOTEURS

- La Turbine à vapeur

Les moteurs de la TAV ont des rendements qui varient entre 0,8 et 0,92 selon une liste qui nous a été transmise par la centrale thermique. Ce qui témoigne de la présence des moteurs allant de la classe IE2 à IE3. Les Figure 34 ci-dessous représentent une image réel de quelques moteurs de la TAV.



Figure 34: Exemples de moteurs de TAV

- Les TAG 10 ; 9 ; 8 et 6000

Sur ces différentes TAG nous avons constaté la présence de moteurs de classe IE1 et IE2. (Voir Figure 35 ci-dessous)



Figure 35: Exemples de moteurs sur les TAG

Classes de rendement IE pour les moteurs 4 pôles pour 50 Hz Classes IE - 4 pôles

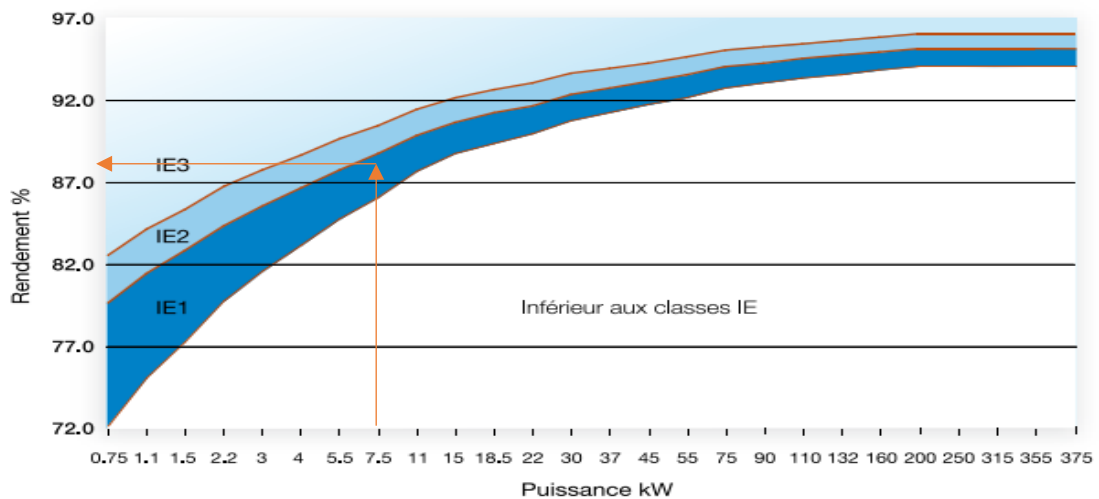


Figure 36: Détermination de l'IE en fonction du rendement et la puissance selon la norme CEI / EN 60034:2014

La Fig

classe énergétique ne figure pas sur leur plaque signalétique. Mais ce graphe ne prend en compte que les moteurs de 4 pôles et 50 Hz comme fréquence.

État énergétique des moteurs

Ci-dessous, retrouver l'état énergétique des moteurs à optimiser. Pour La liste exhaustive, voir Annexe 5

Légende	
	Bon
	Mauvais

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Bâtiment	Nom d'appareil	Type d'appareil	Rendement	Classe de rendement	Etat Physique	Etat Energétique
TAV	Moteur de pompe alimentaire A TAG 9	Pompe	95%		Bon	
TAV	Moteur de pompe alimentaire B TAG 9	Pompe	95%		Bon	
TAV	MOTOR FOR AOP-1(TAG09)		93%	IE3	Bon	Bon
TAV	MOTOR FOR AOP-2(TAG09)		87%	IE3	Bon	Bon
TAV	NO.1 BD TRANSFER PUMP(TAG09)	Pompe	90%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	NO.2 BD TRANSFER PUMP(TAG09)	Pompe	91%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	HRSG B/D TANK(TAG09) Area Sump Pump		91%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	Moteur de pompe alimentaire A TAG 10	Pompe	95%		Bon	
TAV	Moteur de pompe alimentaire B TAG 10	Pompe	95%		Bon	
TAV	MOTOR FOR AOP-1(TAG10)	Moteur	88%	IE3	Bon	Bon
TAV	MOTOR FOR AOP-2(TAG10)		88%	IE3	Bon	Bon
TAV	NO.1 BD TRANSFER PUMP(TAG10)	Pompe	91%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	NO.2 BD TRANSFER PUMP(TAG10)	Pompe	91%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	HRSG B/D TANK(TAG10) Area Sump Pump	Pompe	91%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	Moteur pompe extraction de condensat 1	Pompe	94%		Bon	
TAV	Moteur pompe extraction de condensat 2	Pompe	94%		Bon	
TAV	Moteur pompe extraction de condensat 3	Pompe	94%		Bon	

5. Valorisation de la chaleur fatale

La solution proposée ici est la récupération de la chaleur fatale des turbines à gaz 5, 6, 7 et 8 pour des besoins de chaleur d'autres industries.

La récupération et la valorisation de la chaleur fatale issue de l'industrie constituent un potentiel d'économies d'énergie à exploiter.

Lors du fonctionnement d'un procédé de production ou de transformation, l'énergie thermique produite grâce à l'énergie apportée n'est pas utilisée en totalité. Une partie de la chaleur est inévitablement rejetée. C'est en raison de ce caractère inéluctable qu'on parle de « chaleur fatale », couramment appelée aussi « chaleur perdue ».

Cependant, cette appellation est en partie erronée, car la chaleur fatale peut être récupérée. C'est seulement si elle n'est pas récupérée qu'elle est perdue.

La récupération de la chaleur fatale conduit à deux axes de valorisation thermique complémentaires :

- Une valorisation en interne, pour répondre à des besoins de chaleur propres à l'entreprise ; cette valorisation consiste à mettre en place une chaudière de récupération pour produire de la vapeur pour un cycle combine ou un échangeur thermique pour produit de l'eau chaude pour préchauffer les produits pétroliers.
- Une valorisation en externe, pour répondre à des besoins de chaleur d'autres entreprises ; les entreprises industrielles ayant besoin de chaleur thermique sont nombreuses. Mais leur problème majeur est le transport de cette chaleur thermique. Il faut donc prévoir des « caloducs », qui peuvent transporter de la chaleur avec moins de 2% de perte. Mais leur efficacité dépend de la température assurée au départ, qui doit être élevée.

Ces perspectives sont d'autant plus intéressantes que l'optimisation énergétique et son rôle crucial dans la lutte contre le réchauffement climatique nécessitent une cohérence d'action entre tous les acteurs.

La récupération la plus intéressante est celle du cycle combiné, comme la centrale thermique l'a bien développé dans sa phase IV.

6. Évaluation des économies liées à chaque optimisation énergétique

6.1. Bilan général des préconisations

Ce tableau ci-dessous résume les différentes AAPE, leurs consommations, les économies réalisées, leurs investissements et leurs TRB. Les TRB calculés sur la base de l'Eq 2 du chapitre I sous-titre 9

Tableau 11: Tableau récapitulatif des AAPE

PRÉCONISATIONS DES AAPE					
AAPE	Consommation kWh	Économies kWh/an	Économies FCFA/an	Investissement FCFA	TRB ans
Plan de mesurage et de supervision	39 910 837	798 217	63 059 122	34 166 500	0,5
Relamping au LED	940 615	470 308	37 154 294	200 400 500	2,34
Climatisation : La pose de boîtiers économiseurs	250 004	50 001	3 950 062	6 060 000	1,53
Remplacement des climatiseurs par les splits dotés de la technologie INVERTER.	142 526	71 263	5 629 780	55 500 000	9,85
Remplacement des climatiseurs Rooftops	759 382	463 617	36 625 768	185 000 000	5,05

vétustes du bâtiment administratif par une climatisation centrale VRV					
La pose du dispositif de surveillance	34 906 535	1 745 327	137 880 812	255 000 000	1,84
Remplacement des moteurs IE1 par des moteurs haut rendement IE3	3 761 357	564 204	44 572 084	230 000 000	5,16
TOTAL	39 910 837	4 162 937	328 871 922	966 127 000	

L'analyse du Tableau 11ci-dessus montre que les solutions les plus viables sont : le plan de mesurage et de supervision, la pose de boîtiers économiseurs et la pose du dispositif de surveillance car leurs TRB est inférieur à 2 ans. En suite les solutions moyennement viables sont : le relamping, le remplacement des climatiseurs rooftops et le remplacement des moteurs. En fin la solution moins viable est le remplacement des climatiseurs par ceux dotés de la technologie inverter, car ce dernier a un TRB de 10 ans.

6.2. Rentabilité financière de l'investissement

Nous avons sélectionné différentes préconisations afin de réaliser des économies d'énergie. Les préconisations que nous recommandons portent sur :

- **Le système de mesurage ;**
- **Le système de supervision ;**
- **Les moteurs ;**
- **Le système d'éclairage ;**
- **Le système de climatisation ;**
- **Le référent énergie ;**
- **Les éco comportements ;**

Des coûts complémentaires sont également pris en compte :

- **Prestations diverses :** dont la sensibilisation aux éco comportements pour les employés de la centrale thermique ;
- **Licence, maintenance et supervision :** les frais liés à la mise en place de la Gestion Technique Centralisée (plan de mesurage) engendrant un besoin en matériel (licence et maintenance) et un besoin de suivi (supervision).

6.3. Synthèse des AAPE

Les résultats suivants concernent les préconisations faites sur : le plan de mesurage et de supervision, le système motorisé, le système d'éclairage et le système de climatisation. Les résultats sont basés sur la consommation annuelle de référence, soit **39 910 837 kWh**.

L'investissement global est de **966 127 000 FCFA** pour réaliser une économie de **10%** sur la consommation électrique générale.

Ces investissements peuvent être fractionnés avec un retour sur investissement différent :

Le plan de mesurage : 34 166 500 FCFA d'investissement pour 2% d'économies globales, TRB 0, 5 ans ;

Le système de climatisation : 61 560 000 FCFA d'investissement pour 1,72% d'économies globales TRB 5,3 ans

Le système d'éclairage : 200 400 500 FCFA d'investissement pour 1,18 % d'économies globales TRB 5,4 ans ;

Les moteurs : 485 000 000 FCFA d'investissement pour 5,53% d'économies globales TRB 2,5 ans ;

Le référent énergie : 2 000 000 FCFA / an d'investissement (non quantifiable) ;

Prestations diverses : 2 500 000 FCFA / an d'investissement (non quantifiable) ;

Commission sur prêt : 5 807 739 FCFA d'investissement

Investissement annuel (si plan de mesurage et de supervision sélectionné) :

Licence, maintenance et supervision : 2 000 000 FCFA annuellement pour assurer la viabilité du plan de mesurage et de supervision ;

Avec un financement à 40% sur fonds propres, le délai de récupération net des **préconisations 1 à 7** est de **4 ans et 3 mois** et le TRI (taux de rentabilité interne) sur la durée de vie du projet (10 ans) est de **25,7%**.

Le projet est en conséquence financièrement viable.

7. Impact environnemental

En ce qui concerne l'impact environnemental, la centrale thermique pourrait, selon le taux de réduction de sa consommation, éviter l'émission de **1 853 tonnes¹** de CO₂ par an équivalant à **52 929 Arbres plantés²**.

¹ Source : Base carbone 2016 : 0,445 kg de CO₂ évité par kWh

² Source : <https://e-rse.net/arbres-stocke-carbone-combien-27079> (35 kg de CO₂ captés par an par arbre planté)

A cela s'ajoute l'émission de CO₂ correspondant à la consommation horaire des groupe électrogènes de 470,84 kg CO₂ par heure pour le groupe électrogène de 1000 KVA et de 1510,48 kg CO₂ par heure pour le cumule des groupes électrogènes de 1500 KVA avec un facteur d'émission de carbone de **3,16 kg CO₂e/litre** (voir annexe 13)

8. Étude des facteurs pertinents

Les facteurs pertinents identifiés sont :

- Le temps de marche ;
- Le nombre de groupe en marche sur nombre total de groupe ;
- La production injectée sur le réseau (kWh) ;
- La température extérieure ;
- L'effectif du site.

8.1. Indicateurs de performance

Les indicateurs de performance les plus pertinents sont :

- ✓ La consommation par production (kWh/ MWh produit) ;
- ✓ La consommation par mètre carré (kWh/m²);
- ✓ La consommation par personne (kWh/pers.) ;

8.2. Indicateurs de performances énergétiques choisis

Les IPé déterminés sont les suivants :

Centrale Thermique et Logements

✚ Alimentation générale :

Pour le suivi de la consommation énergétique globale du site à partir de l'année de référence (2019), l'Indicateur de Performance Énergétique pertinent choisi est l'énergie consommée par énergie produite (kWh/MWh). Pour cette année 2019, nous avons enregistré **comme production brute totale 3 281 621 MWh** (Source : **Énergies de 2017 à 2020 la centrale thermique**) pour une consommation énergétique globale annuelle en 2019 de **39 910 837 kWh**. Par conséquent, l'indicateur de performance énergétique de référence est **12,16 kWh/MWh**.

Centrale Thermique

🚦 Climatisation de la centrale thermique :

Pour évaluer la consommation énergétique du système de climatisation au fil des années, nous avons pris comme indicateur pertinent, l'énergie consommée par degré jour unifié (kWh/DJU). En fixant la consigne de température dans les locaux climatisés à 18°C, le facteur pertinent est la température extérieure qui fluctue dans le temps. Nous enregistrons **3497,8 DJU** en 2019 (source : www.infoclimat.fr Abidjan) avec une consommation énergétique de climatisation en 2019 de **1 644 656 kWh**. L'indicateur de performance énergétique de référence est **470,20 kWh/DJU**.

🚦 Éclairage de la centrale thermique :

L'IPé relatif à l'éclairage est l'énergie consommée par surface éclairée (kWh/m²). La superficie totale de **la centrale thermique** et ses bureaux est estimée à **8 280 m²** avec une consommation énergétique de l'éclairage en 2019 de **940 615 kWh**. L'IPé de référence est de **113,60 kWh/m²**.

CONCLUSION

Ce stage nous a été très bénéfique. Il nous a permis non seulement de mettre en pratique les connaissances théoriques apprises en classe mais aussi de voir la réalité du terrain avec toutes ses difficultés.

Dans notre audit, nous nous sommes intéressés d'abord au diagnostic des bâtiments, des différents systèmes électriques et des usages électriques de la centrale thermique afin de faire ressortir les irrégularités et les points positifs. Ensuite, la description des systèmes et usages électriques du site a révélé au niveau de la climatisation, de l'inconfort thermique de certains locaux et certains systèmes de climatisation ne respectent pas la réglementation en vigueur. Il existe également la non-conformité du niveau d'éclairage dans certains locaux. Du bilan énergétique, la consommation totale de **la centrale thermique** est **39 910 837 kWh**. Il ressort que :

- Les moteurs représente **87,7%** de la consommation totale ;
- Le système de climatisation **4,1%** de la consommation totale ;
- La bureautique **3,8%** de la consommation totale ;
- Le système d'éclairage **2,3%** de la consommation totale ;
- Les équipements spéciaux était **2,1%** de la consommation totale ;
- Les appareils électroménagers **0.08 %** de la consommation totale.

A la lumière de ces informations, nous avons proposé 7 AAPE dont l'exécution permettra de réaliser **10 %** d'économie globale, soit une consommation annuelle de **4 162 936 kWh**. Le coût d'énergie économisé s'élève ainsi à **328 871 944 F CFA** à raison de **79 FCFA le kilowattheure**. Pour un besoin de financement évalué à **966 127 000 F CFA** avec un délai de récupération de 4 ans 3 mois et un TRI de 25,7 %.

Pour ce qui concerne l'impact environnemental, **la centrale thermique** pourrait, selon le taux de réduction de sa consommation indiquée, éviter l'émission de **1 853 tonnes³** de CO₂ par an équivalant à **52 929 Arbres plantés⁴**.

³ Source : Base carbone 2016 : 0,445 kg de CO₂ évité par kWh

⁴ Source : <https://e-rse.net/arbres-stocke-carbone-combien-27079> (35 kg de CO₂ captés par an par arbre planté)

RECOMMANDATIONS

A l'issu du travail ainsi effectué, nous pouvons apporter quelques recommandations :

❖ Solutions d'économie d'énergie – Référent énergie

Au-delà de l'investissement en solutions d'économie d'énergie, il est indispensable de gérer et de maîtriser ses consommations énergétiques. C'est pourquoi au sortir de notre analyse nous recommanderons une ou plusieurs personnes pour la gestion de l'énergie au sein de **Vridi I**. Le référent énergie sera le garant de la bonne gestion de l'énergie et du respect des éco comportements sur l'intégralité du site. Il aura un rôle de superviseur via la gestion du plan de mesurage mise en place. Il sera formé aussi sur le matériel de supervision, des solutions d'économie d'énergie déployées sur le site et du suivi des éco comportements par une structure spécialisée dans le domaine de l'économie énergie. Si un référent énergie ou un acteur similaire est déjà présent au sein du site, alors la structure spécialisée mettra à jour ses connaissances techniques pour qu'il puisse mieux appréhender le site suite aux diverses optimisations énergétiques.

❖ Solutions d'économie d'énergie – Éco-comportements

Faire des économies est une synergie de deux éléments fondamentaux :

- **L'investissement matériel** : gain d'efficacité et réduction des consommations intrinsèques aux caractéristiques de l'équipement ;
- **L'investissement humain** : réduction des consommations par l'utilisation raisonnée et maîtrisée de son environnement et des équipements par le respect des éco comportements.

L'investissement humain est identifié par les éco comportements et la structure spécialisée engagée aura donc comme objectif d'accompagner chaque acteur de **la centrale thermique** pour les sensibiliser et les former de sorte que chacun participe à réduire les consommations énergétiques du site, ou autrement dit, à mieux consommer.

❖ Autres recommandations

Il faut :

- ✓ L'isolation des parois des locaux climatisés ;
- ✓ Le remplacement des simples vitrages par des doubles vitrages ;
- ✓ L'utilisation de détecteurs de présence dans les douches et les couloirs ;
- ✓ L'optimisation de la chaleur fatale.

Une fois les solutions d'efficacité énergétique déployées au sein de **la centrale thermique**, un programme de sensibilisation devra être lancé pour soutenir les autres préconisations afin d'atteindre les objectifs d'économie fixés.

Webographie et Bibliographie

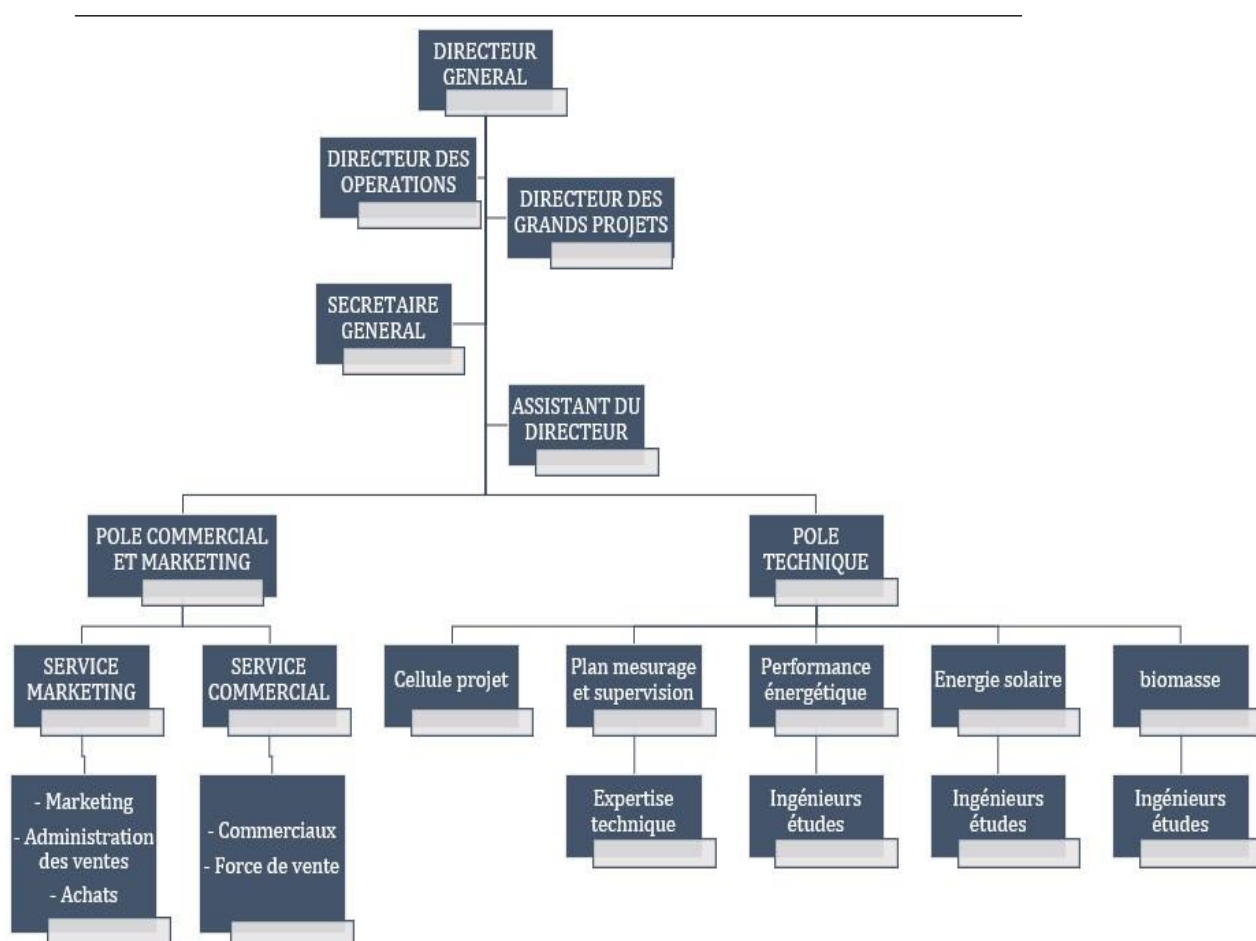
- [1] : ENERGIE : L'efficacité énergétique, un défi national en Côte d'Ivoire | Afrique Green Side
- [2] : Efficacite-energetique-de-s-procédés-industriels.pdf (fim.net)
- [3]: OLADE (Latin American Energy Organization), Energy Statistics Manual, 2017, P132
- [4] : EVO 10000 – 1 : 2017, « Protocole International de Mesure et de Vérification de la Performance : PRINCIPES FONDAMENTAUX », Avril 2017.
- [5] : EVO 10000 – 1 : 2010, « IPMVP concepts et options pour l'évaluation des économies d'énergies et d'eau », Septembre 2010. [9] CIE, « Au cœur de la facturation HTA », vol. 1. Abidjan, Côte d'Ivoire, 2016
- [6] : Guide la mesure dans un projet d'efficacité énergétique
- [7] : Merlin Guérin, Protection des réseaux électriques : Guide de la protection, Schneider. Paris, France, 2003. [5] COULIBALY, Yézouma, 2017. « Audit énergétique et économies d'énergie ». Ouagadougou : 2iE.
- [8]: <https://www.ademe.fr/particuliers-eco-citoyens/habitation/renover/isolation/isolation-parois-vitrées>
- [9]:<https://plafond.ooreka.fr/comprendre/plafond-suspendu>
- [10]:<https://www.lesechos.fr/2018/05/quand-les-climatiseurs-rechauffent-la-planete-990481>
- [11]:<https://www.calculo.fr/Eco-travaux/Fenetres-double-vitrage/Economies-d-energie>
- [12]:<https://www.a2pnb.com/economie-energie.php>
- [13]:<https://www.batiweb.com/actualites/publi-redactionnels/legrand-presente-les-nouvellesprises-electriques-vertes-2010-08-24-15685>
- [14]:<https://www.infoclimat.fr/climatologie/abidjan/valeurs/65578.html>

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Liste des annexes

Annexe 1: Organigramme de SMART ENERGY	63
Annexe 2: Présentation des normes et description du matériel utilisé pour réaliser l'audit	64
Annexe 3: Schéma unifilaire de toutes les unités de production	69
Annexe 4: Fiche technique groupes électrogènes	77
Annexe 5: Inventaire des Moteurs	81
Annexe 6: Inventaire des Climatiseurs	85
Annexe 7: Inventaire des Luminaires	88
Annexe 8: Notions sur l'éclairage	92
Annexe 9: Tableau récapitulatif du niveau d'éclairement des locaux	94
Annexe 10: Inventaire Bureautique	95
Annexe 11: Inventaire Electroménager	96
Annexe 12: Inventaire Equipement spéciaux	97
Annexe 13: Diagramme des flux énergétiques	98
Annexe 14: Les Mesures	101
Annexe 15: Facteur des émissions 2016 programme objectif CO2	109

Annexe 1: Organigramme de SMART ENERGY



I. Présentation des normes

1. NF EN 16 247 – 1

Cette norme spécifie les exigences, la méthodologie et les livrables d'un audit énergétique. Elle s'applique à tous les types d'établissements et d'organismes, à toutes les formes d'énergie et à tous les usages énergétiques, à l'exclusion des maisons individuelles privées.

Elle traite des exigences générales communes à l'ensemble des audits énergétiques. Des exigences spécifiques viennent compléter ces exigences générales dans des parties distinctes dédiées aux audits énergétiques des bâtiments, des procédés industriels et des transports.

2. NF EN 16247 – 3

La NF EN 16247 – 3 spécifie les exigences relatives aux audits énergétiques sur les sites où les consommations énergétiques sont dues aux procédés.

Un procédé peut comprendre une ou plusieurs chaînes de fabrication, des bureaux, des laboratoires, des centres de recherche, des zones de conditionnement et de stockage avec des conditions de fonctionnement spécifiques et des systèmes de transport sur le site. Elle précise les exigences, la méthodologie et les livrables d'un audit énergétique sur un procédé.

Elle traite des différentes étapes de l'audit énergétique :

- la prise de contact ;
- la réunion de lancement ;
- la collecte des données ;
- le travail sur site ;
- l'analyse des données ;
- le rapport avec l'identification des opportunités d'amélioration de l'efficacité énergétique ;
- la réunion de clôture.

Il doit être appliqué conjointement avec la NF EN 16247-1, Audits énergétiques - Partie 1 : Exigences générales, qu'il complète. Il comprend des exigences supplémentaires qui doivent être appliquées simultanément à celles de la partie 1.

3. NF EN 12 464 – 1 Eclairage

La présente Norme européenne prescrit les exigences d'éclairage vis-à-vis des personnes présentes sur des lieux de travail intérieurs, qui permettront de satisfaire aux besoins de

confort visuel et de performance visuelle des personnes dont la capacité ophtalmique (visuelle) est normale.

Cependant toutes les tâches visuelles courantes sont considérées. Elle spécifie les exigences concernant la quantité et la qualité d'éclairage, des solutions d'éclairage pour la plupart des lieux de travail intérieurs et leurs zones associées. Des recommandations de bonne pratique de l'éclairage sont données en complément. L'éclairage peut être fourni par la lumière du jour, un éclairage artificiel ou une combinaison des deux. La présente Norme européenne ne s'applique pas à l'éclairage des lieux de travail extérieurs et des exploitations minières souterraines ni à l'éclairage de secours.

4. IPMVP

L'IPMVP ou Protocole International de Mesure et de Vérification de la Performance est une méthodologie établie par l'EVO (Efficiency Valuation Organization), une organisation non gouvernementale qui propose gratuitement des ressources pour favoriser un monde plus durable du point de vue environnemental. Ce dispositif permet de fixer les règles de calcul et de suivi des opérations de mesurage et de vérification des consommations d'énergie.

L'IPMVP permet de mesurer l'impact des dispositifs d'efficacité énergétique mis en place dans les bâtiments. La finalité de ce protocole est de mettre en perspective les économies d'énergie réalisées avec le coût engagé pour les atteindre.

Afin de concevoir et mettre en œuvre un processus de Mesure et de Vérification, l'IPMVP propose quatre (4) options : l'option A, l'option B, l'option C et l'option D

a) L'option A (isolement de l'AAPE) : mesure des paramètres clés

- Les économies sont déterminées par des mesures de terrain des paramètres clés, qui vont déterminer la consommation d'énergie et la puissance appelée des systèmes affectés par l'AAPE ou le succès du projet.
- En fonction des variations attendues des paramètres mesurés et de la durée de la période de suivi, la durée des mesures peut aller de mesures à court terme à des mesures continues. Les paramètres non retenus pour des mesures de terrain sont des valeurs estimées. Les estimations peuvent s'appuyer sur des données historiques, des spécifications constructives ou des calculs
« à dire d'expert ».

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

- La documentation des sources utilisées ou des justifications apportées pour déterminer la valeur estimée est nécessaire. L'incertitude probable venant de l'estimation doit être évaluée.

b) L'option B (isolement de l'AAPE) : mesure de l'ensemble des paramètres

- Les économies sont déterminées par des mesures de terrain de la consommation et de la puissance appelée et/ou de variables indépendantes associées ou permettant des mesures indirectes, pour le système concerné par l'AAPE.
- En fonction des variations attendues des paramètres mesurés et de la durée de la période de suivi, la durée des mesures peut aller de mesures à court terme à des mesures continues.

c) L'option C : Site entier

- Les économies sont déterminées en mesurant la consommation d'énergie et les appels de puissance au niveau des compteurs d'énergie des fournisseurs, pour le site entier.
- Les mesures ont lieu en continu, pendant toute la période de suivi, pour la consommation d'énergie et la puissance appelée de l'ensemble du site.

d) L'option D : Simulation calibrée

- Les économies sont déterminées à travers la simulation de la consommation d'énergie et des appels de puissance du site entier ou d'une sous-partie.
- Il doit avoir été montré que la simulation modélisait correctement le comportement énergétique du site.
- Cette option requiert de très fortes compétences en utilisation de simulation énergétique calibrée.

5. NF C15 100

La norme française **NF C15-100** régit les Installations électriques en basse tension . Elle porte plus précisément sur la protection de l'installation électrique et des personnes, ainsi que sur le confort de gestion, d'usage et l'évolutivité de l'installation. Elle traite de la conception, de la réalisation, de la vérification et de l'entretien des installations électriques alimentées sous une tension électrique au plus égale à 1 000 volts (valeur efficace) en courant alternatif et à 1 500 volts en courant continu.

6. UTE C15 712

C'est un guide qui traite des installations photovoltaïques raccordées à un réseau public de distribution et non prévues pour fonctionner de façon autonome. Il précise et complète les règles de la NF C 15-100, pour la partie basse tension. Les modules a.c. (module PV et onduleur associé) ne sont pas pris en compte dans le présent guide. Leur installation est soumise aux règles de la NF C 15-100. Seul le fonctionnement en présence de tension sur le réseau public de distribution est envisagé dans le présent guide.

II. Description du matériel

1- Laser mètre :



Le Laser mètre est un appareil permettant de mesurer les distances. Un rayon laser est projeté sur une cible qui renvoie à son tour le rayon lumineux. Le boîtier électronique calcule le déphasage entre l'émission et la réception.

2- Luxmètre :



Un luxmètre est un capteur permettant de mesurer l'éclairement lumineux reçu par unité de surface. L'unité de mesure est le lux. Les luxmètres peuvent avoir plusieurs échelles pour s'adapter aux faibles ou fortes luminosités (jusqu'à plusieurs dizaines de milliers de lux).

3- Enregistreur de puissance et d'énergie PEL :



Les enregistreurs **PEL** sont des outils électriques qui permettent de mesurer les grandeurs électriques. C'est l'outil indispensable dans le domaine de la surveillance et de l'amélioration de la gestion technique des bâtiments et des systèmes, ainsi que les audits énergétiques. Ils sont universels et s'adaptent à toutes les armoires électriques, sur tous les systèmes monophasés, diphasés ou triphasés.

Le produit est livré avec le logiciel "Pel Transfer" qui permet la visualisation

Simultanées des données de plusieurs enregistreurs PEL. Il est très utile pour évaluer les consommations d'énergie par service, par site.

4- Enregistreur de puissance et d'énergie NG 9 :

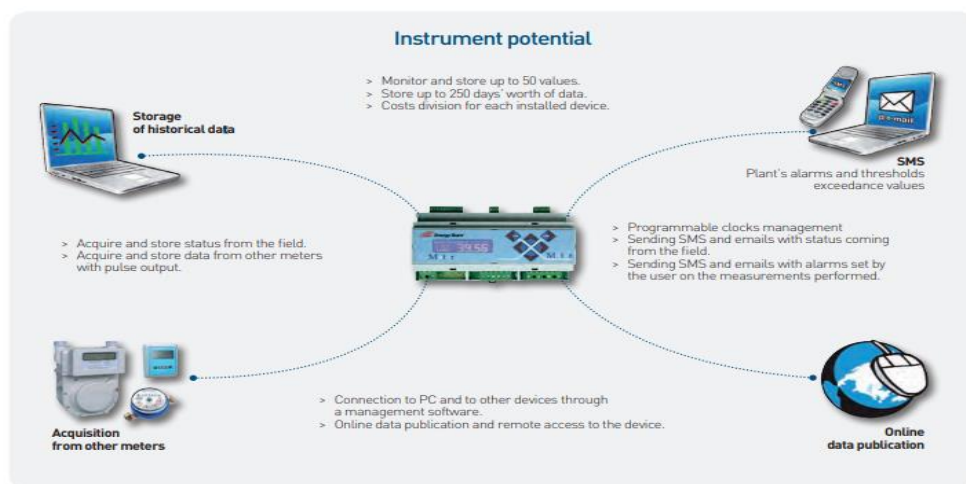
Le X-Meter est une nouvelle génération d'analyseur de réseau électrique.

a) Le système idéal pour :

- L'analyse et le stockage des données énergétiques
- Un instrument entièrement modulaire à concevoir en fonction des besoins de mesure et de contrôle

b) Caractéristiques principales

- Analyseur de réseau avec enregistreur de données intégré ;
- Extensions de mémoire et de communication permettant de stocker jusqu'à 250 jours de données ;
- Port série intégré RS485 ;
- Mesure bidirectionnelle de l'énergie (importée / transférée) ;
- 50 mesures ;
- Mesures sur 4 quadrants ;
- Affichage graphique ;
- Clavier à 6 touches avec son ;
- Sorties configurables pour les alarmes et les quantités ;
- Affichage graphique de la tension, du courant, de la puissance et $\cos \phi$;
- 12 totalisateurs de puissance sur 4 quadrants qui peuvent être remis à zéro ;
- € Indication de la puissance absorbée et délivrée ;
- Horloge et calendrier ;
- Disponible avec 5A ou avec des entrées de tension

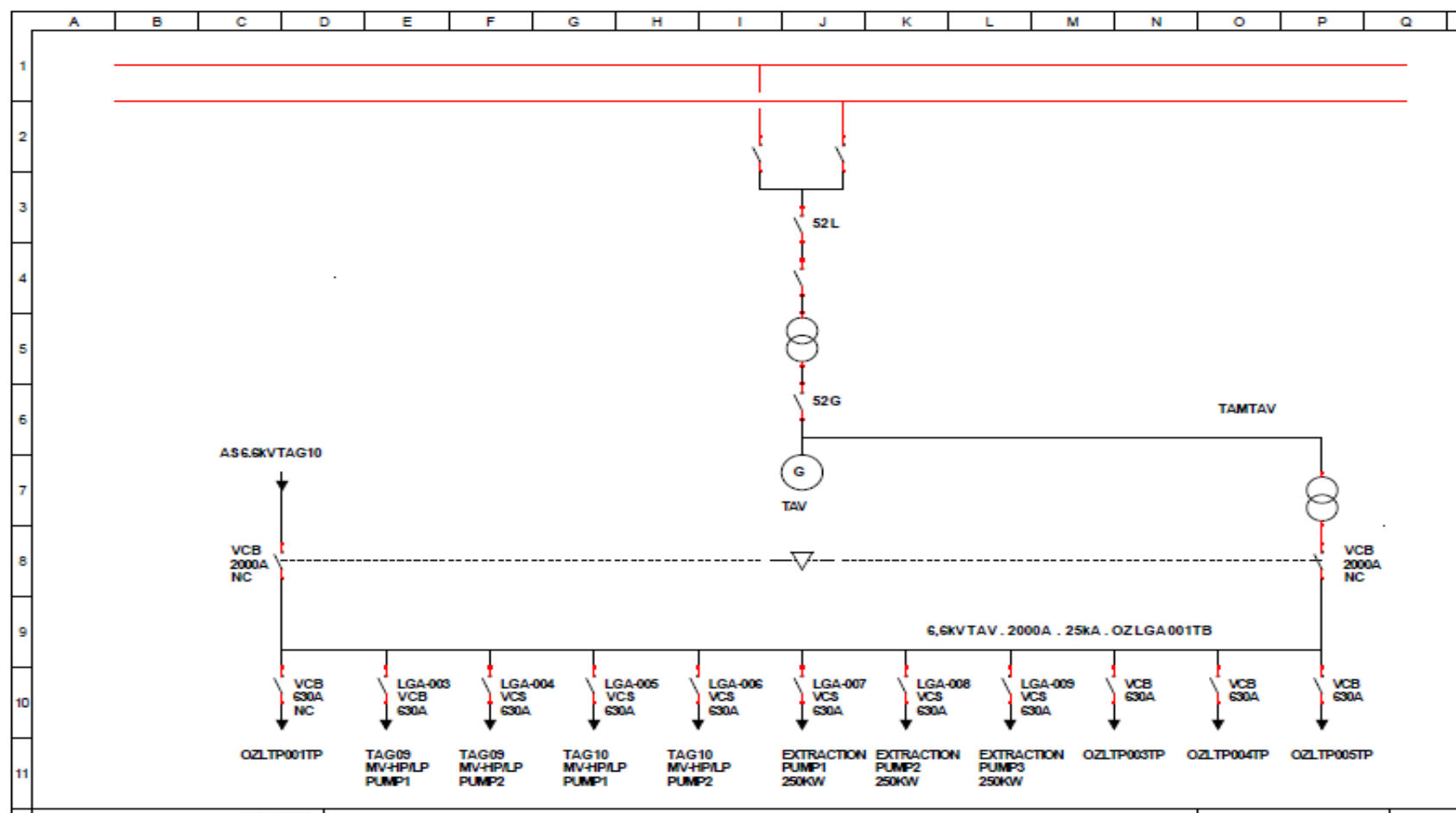


AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

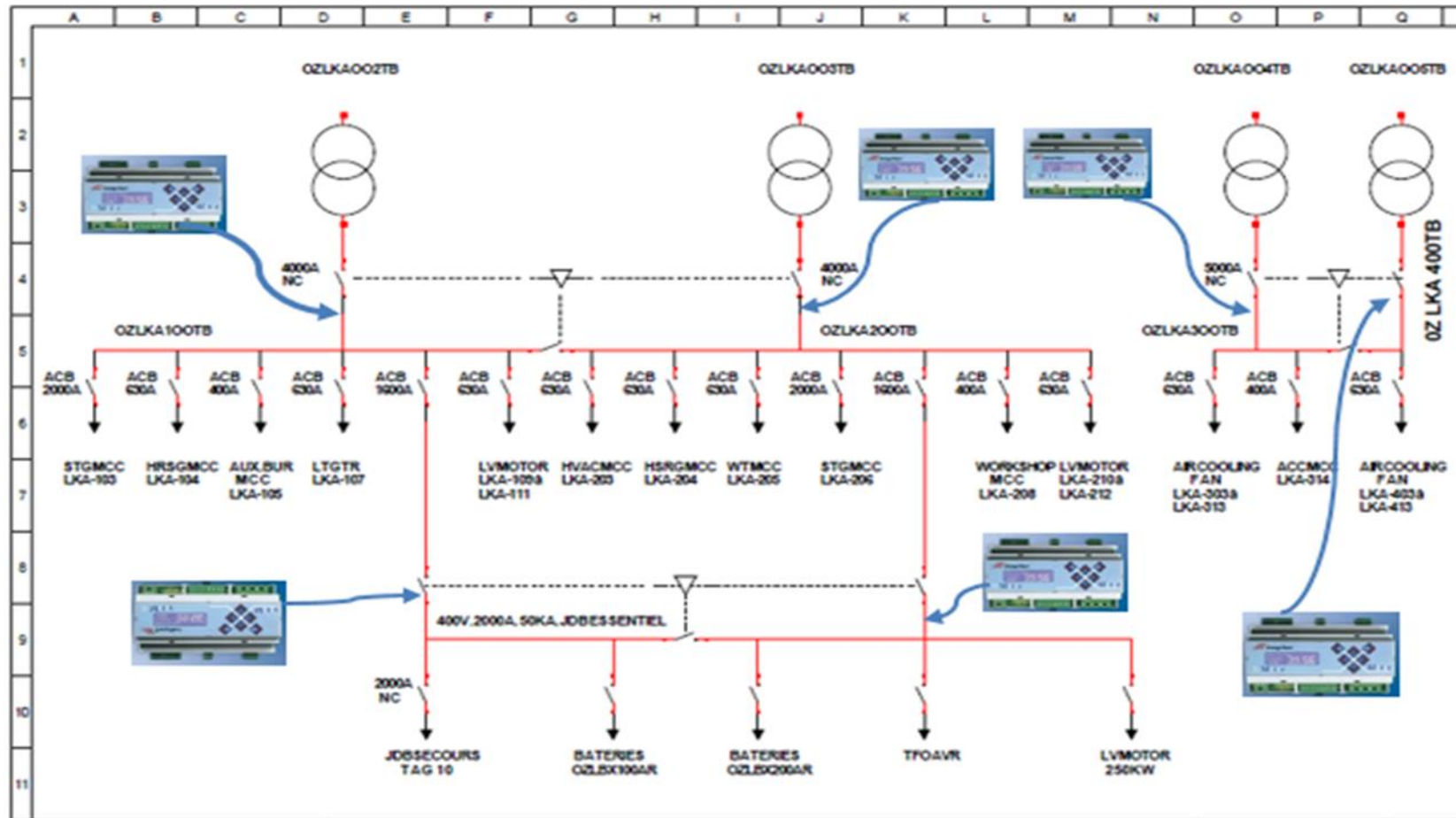
Annexe 3: Schéma unifilaire de toutes les unités de production

- TAV

Ci-dessous représente le schéma unifilaire de la ligne de production de la TAV.



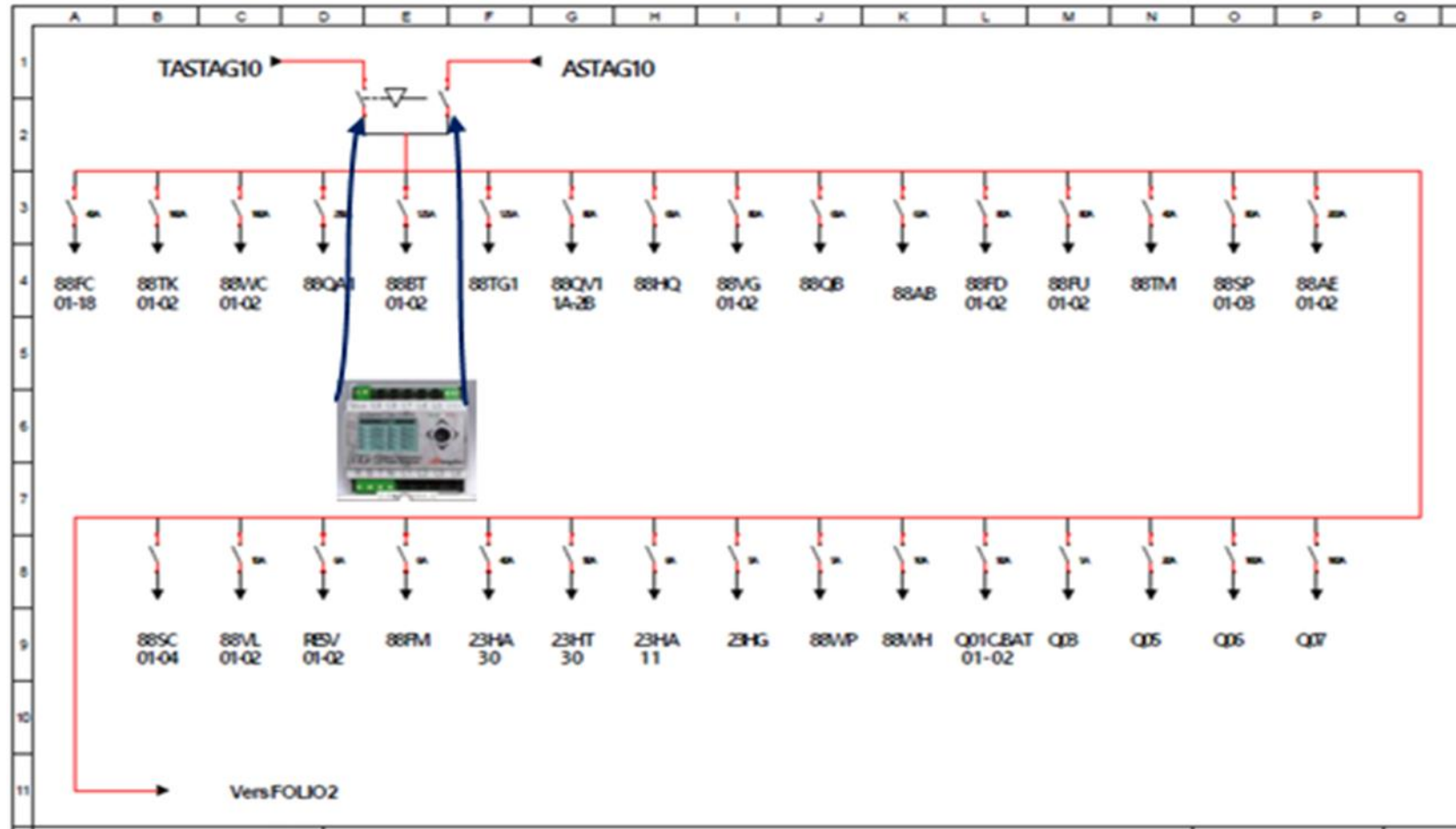
AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE



AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

- TAG 10

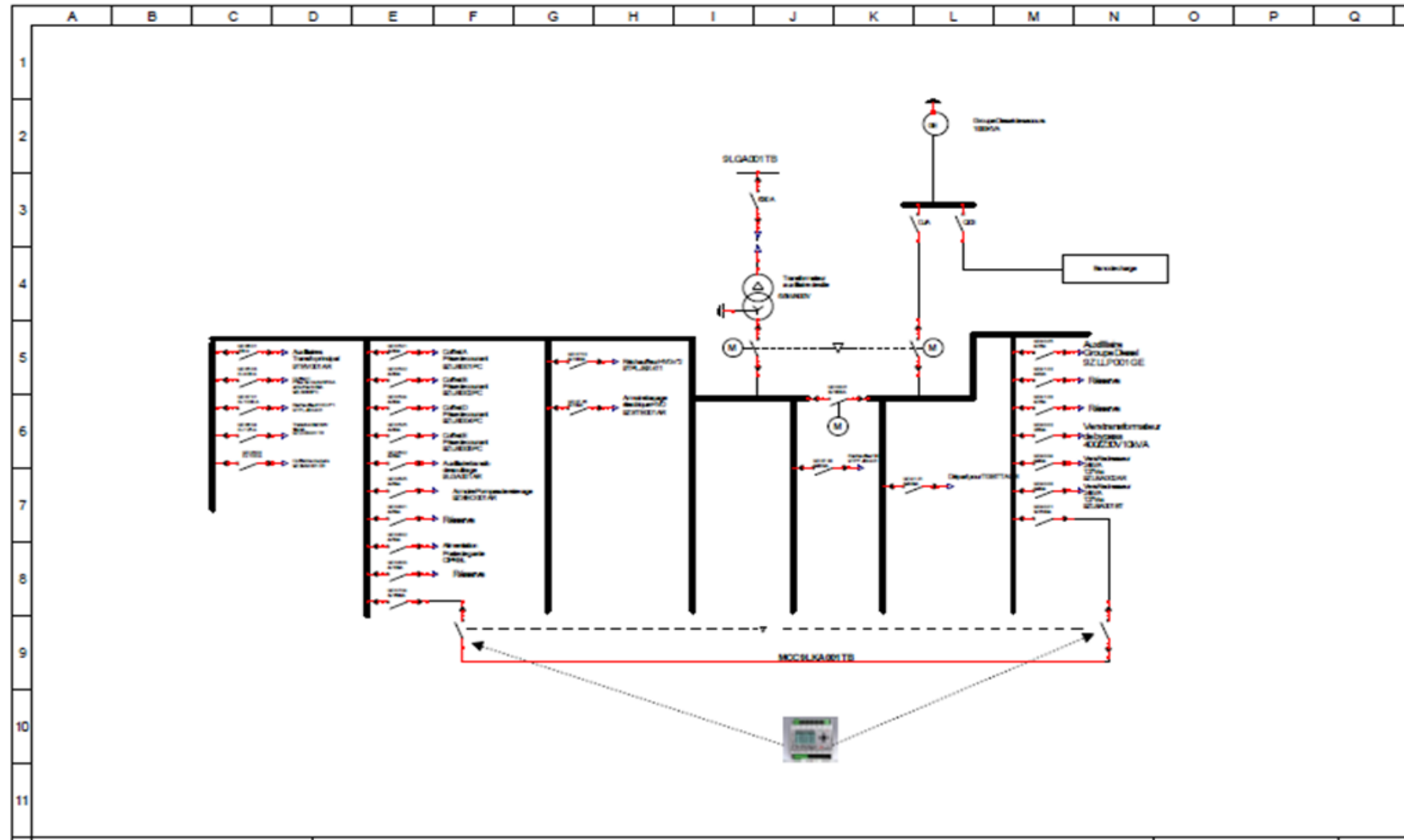
Ci-dessous représente le schéma unifilaire de la ligne de production de la TAV.



AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

- TAG 09

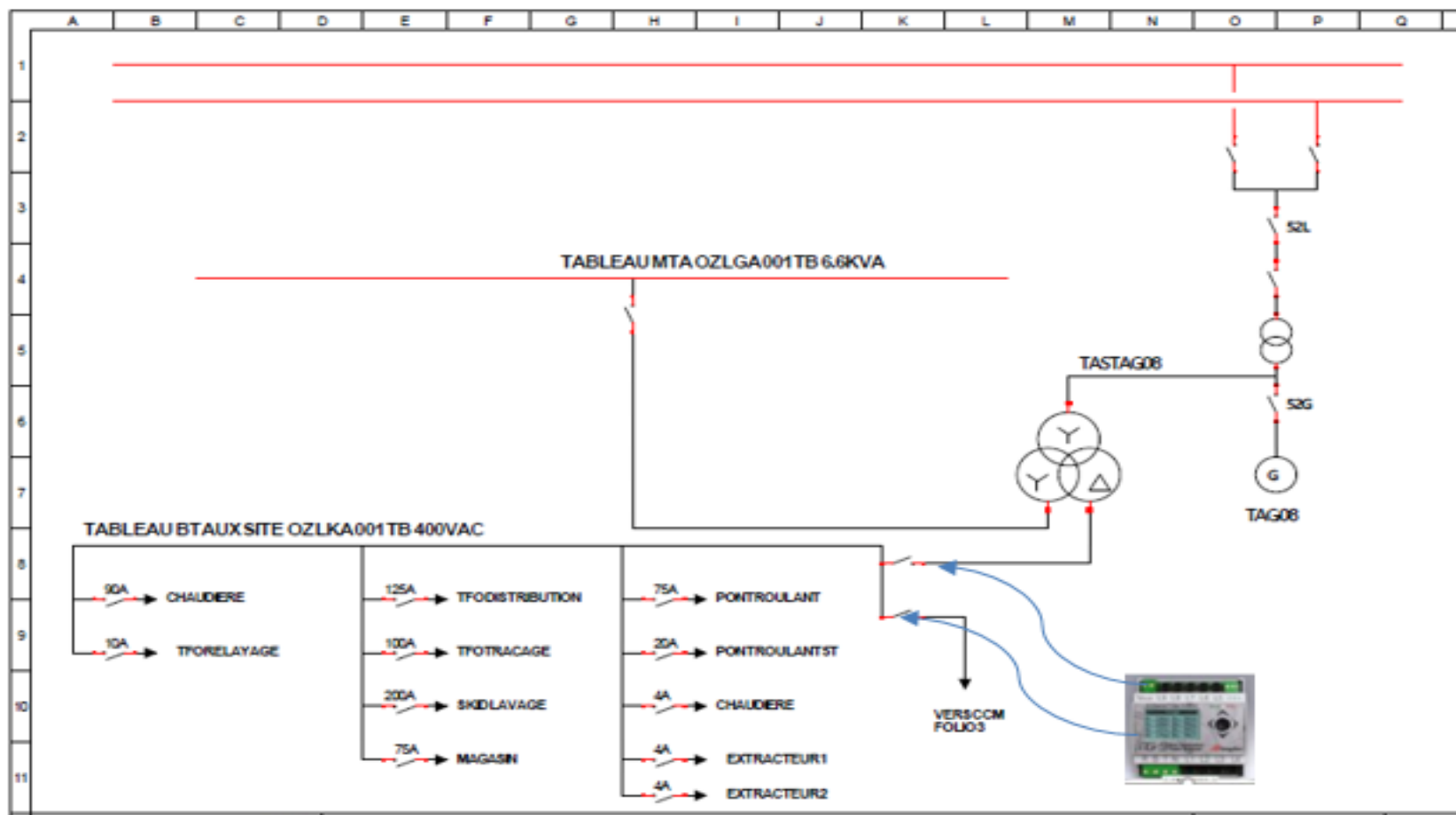
Ci-dessous représente le schéma unifilaire de la ligne de production de la TAV.



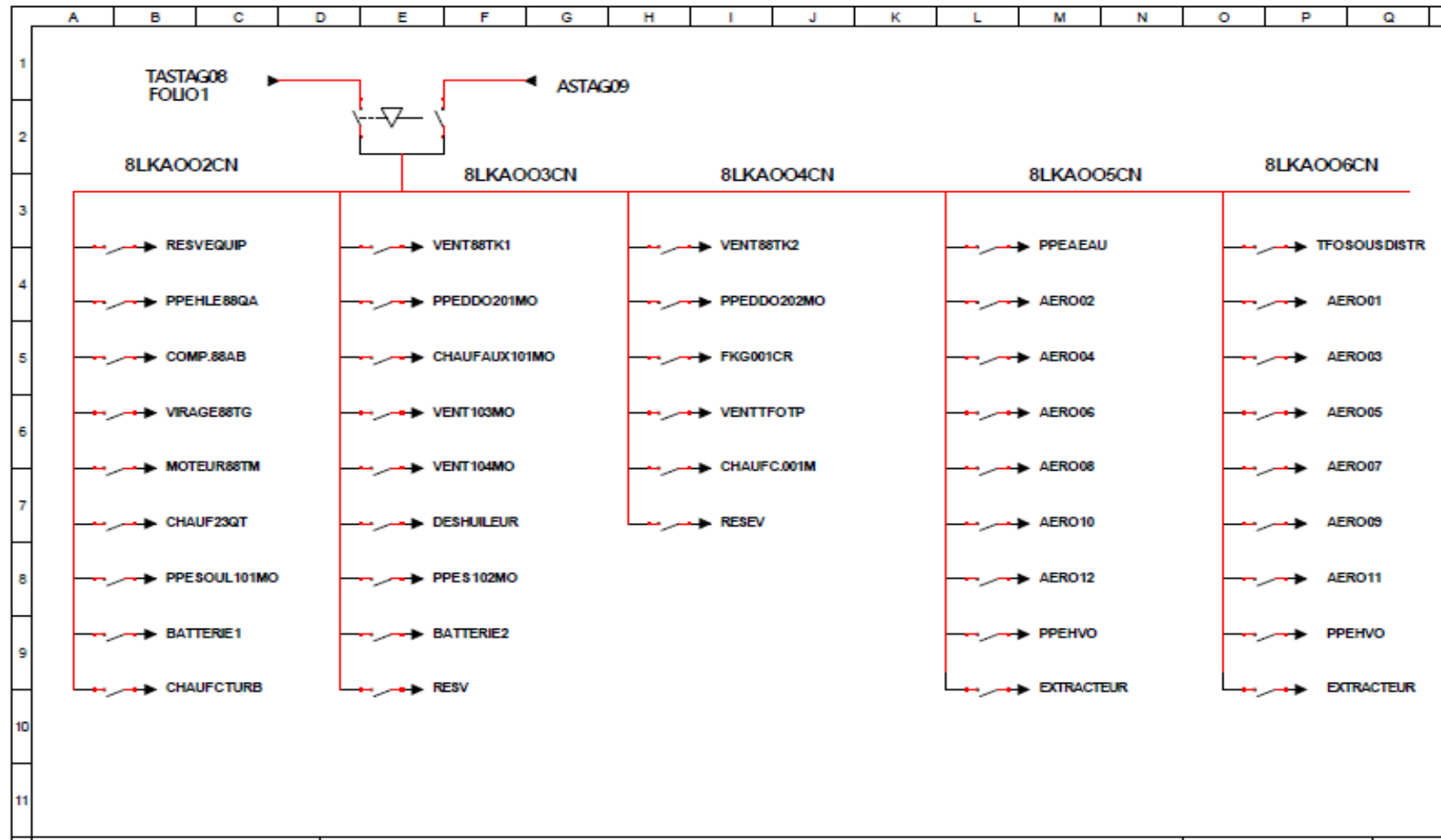
AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

- **TAG 08**

Ci-dessous représente le schéma unifilaire de la ligne de production de la TAV.



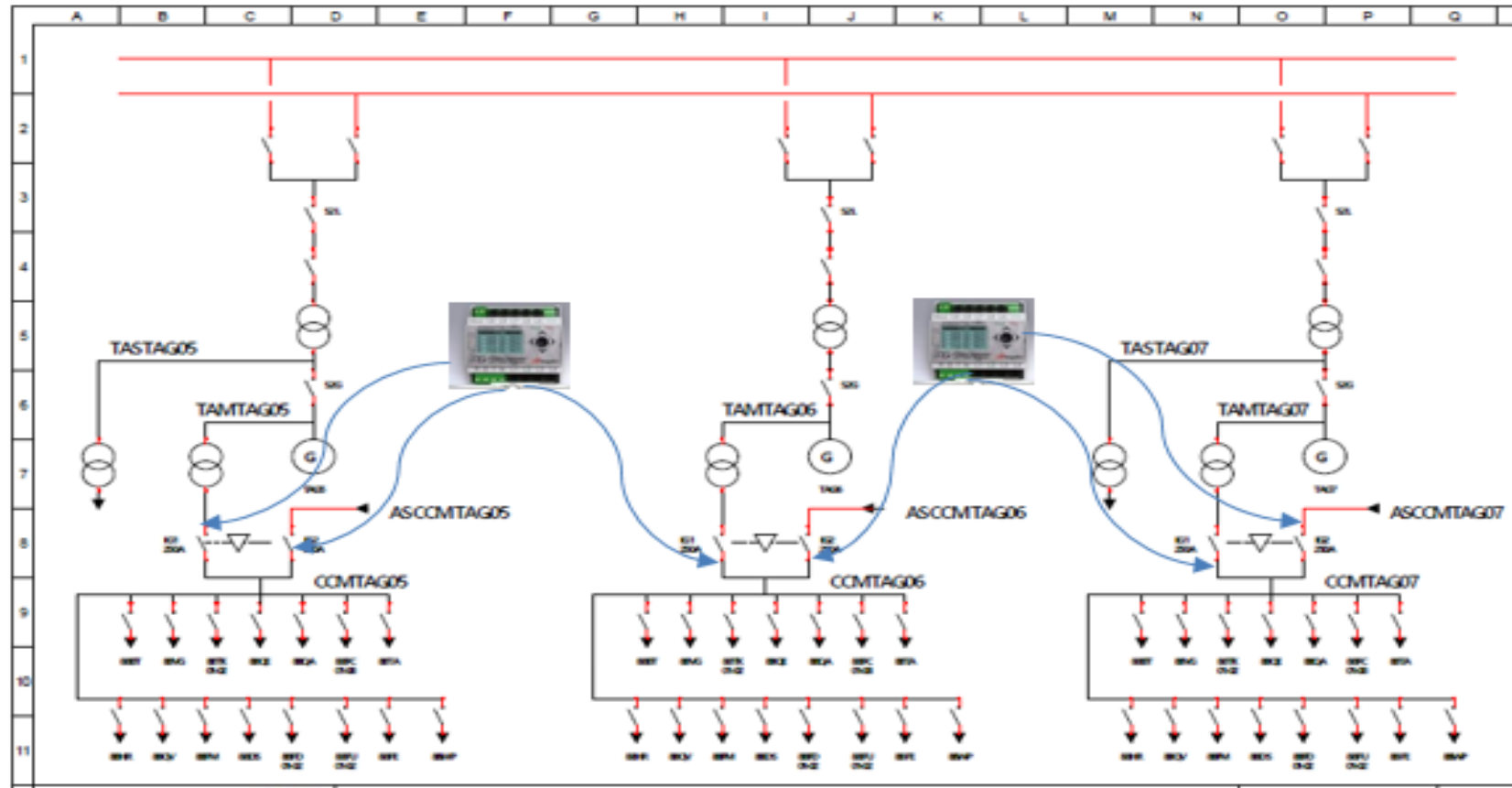
AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE



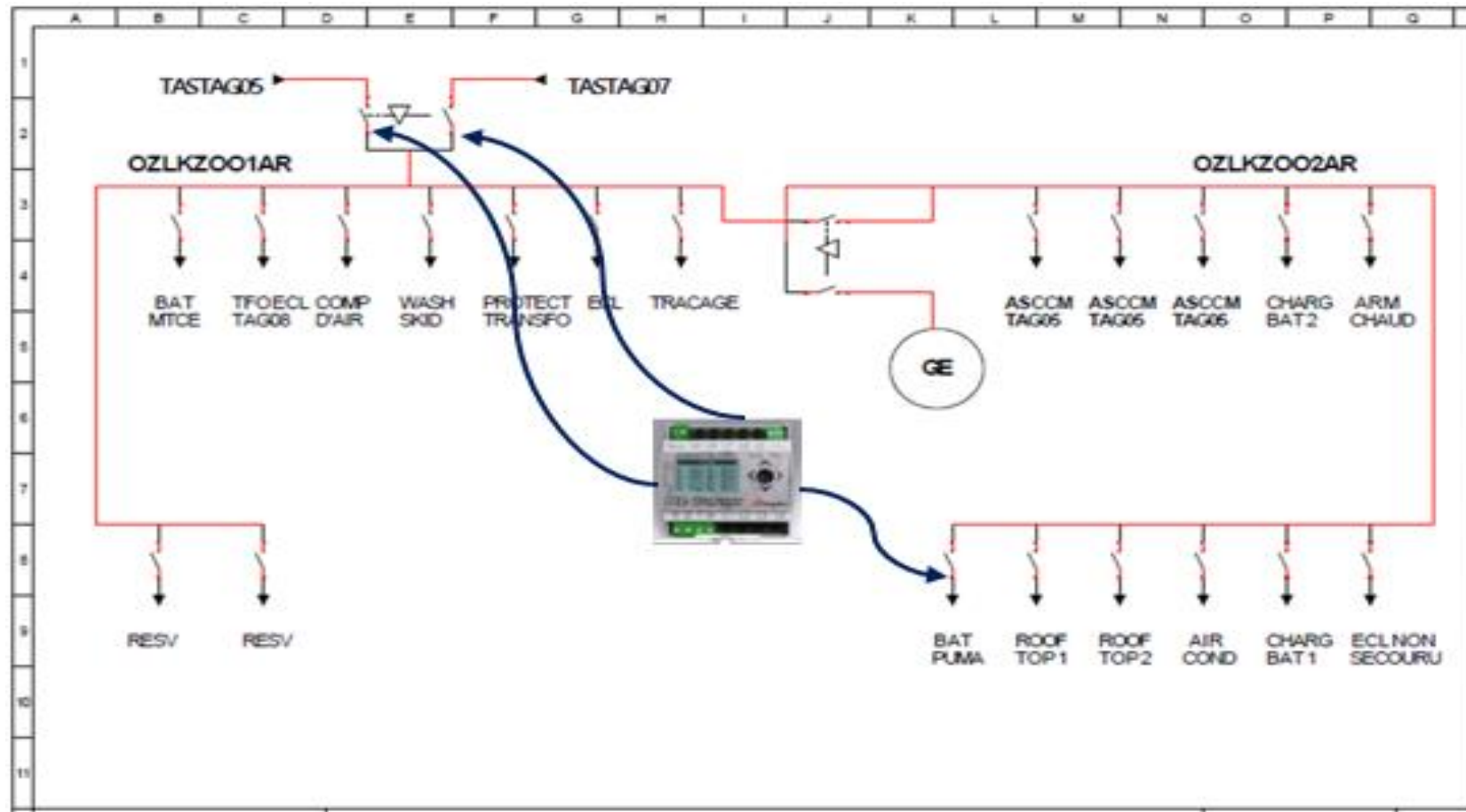
AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

- TAG 05 – 06 – 07

Ci-dessous représente le schéma unifilaire de la ligne de production de la TAV.



AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE



AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Annexe 4:Fiche technique groupes électrogènes

Page 1 d

Fiche technique du groupe électrogène: Modèle Electra Molins EMU-1800SD FIXE / AUTOMATIQUE SUR CONTENEUR

MODÈLE: EMU-1800SD

CONSTRUCTION: FIXE / AUTOMATIQUE SUR CONTENEUR

Marque du groupe	ELECTRA MOLINS
Type du tableau de commande	AUT-MP1
Type de conteneur	40HC-I
Puissance maximale en service de secours par défaut du secteur (Puissance LTP "Limited Time Power" de la norme ISO 8528-1)	1.540 kVA 1.232 kW
Puissance en service principal (Puissance PRP "Prime Power" de la norme ISO 8528-1)	1.400 kVA 1.120 kW
Tolérance de la puissance active maximale (kW)	±3%
Intensité en service de secours par défaut du secteur	2.223 A
Intensité en service principal	2.021 A
Tension	400 V
Nombre de phases	3 + 1
Précision de la tension en régime permanent	±0,5%
Marge de réglage de la tension	±5%
Facteur de puissance	0,8 -
Vitesse de rotation	1.500 r.p.m
Fréquence	50 Hz
Variation de la fréquence en régime permanent	±0,5%
Puissance de la résistance de chauffage (Seulement const. automatique)	9.000 W
Premier échelon de charge admissible	740 kW
Niveau sonore moyen à 1 m (tolérance ±2 dB)	85 dB(A)



Date: 31/08/2017. Electra Molins se réserve le droit de modifier les spécifications en fonction des critères techniques.

Fiche technique du groupe électrogène: Modèle Electra Molins EMU-1800SD FIXE / AUTOMATIQUE SUR CONTENEUR

DIMENSIONS ET CONSOMMATIONS

Longueur x Largeur x Hauteur	12.190 x 2.440 x 2.900 mm
Poids sans combustible	18.510 kg
Capacité du réservoir de combustible	2.000 l
Consommation spécifique de combustible	0,26 l/kW-h
Consommation de combustible avec 75% de charge (924 kW)	239 l/h

MOTEUR DIESEL

Marque et Modèle	MITSUBISHI S12RPTA
Cycle	Diesel 4 temp
Refroidissement	Eau par radiateur
Nombre et disposition des cylindres	12 en V
Cylindrage total	49,03 l
Aspiration de l'air	Turbo refr. eau-ai
Régulateur de vitesse	Electronique
Capacité d'huile	180 l
Consommation d'huile à pleine charge	1 l/h
Capacité du circuit de refroidissement (eau à 40% d'antigel)	268 l

ALTERNATEUR

Marque et Modèle	LEROY SOMER LSA 502 VL1
Connexion	Etoile
Classe d'isolation	F
Régulateur électronique de tension	AREP R45
Courant de court-circuit maintenu	3 In pendant 10 s
Protection	IP-23

BATTERIES

Quantité	2
Connexion	2 paralelo de 2 en serie
Tension courante continue	24 V
Capacité de chaque batterie	210 Ah
Type	Plomb-acid

Les puissances indiquées correspondent au régime maximum de travail continu sous charge variable selon ISO-8528-1 c les conditions ambiantes de 40°C et 1000 m d'altitude. Le groupe peut fonctionner à des températures et des altitu supérieures à condition d'appliquer des facteurs correcteurs de puissance.

La puissance en service principal peut être surchargée de 10% en pointes de temps limité, maximum une heure toutes les 4 heures. Néanmoins, pour allonger la durée de vie du moteur diesel, il est recommandé que la charge moyenne (kW) branché groupe électrogène pendant toute période de 24 heures de fonctionnement, autant s'il s'agit de charges continues discontinues, ne dépasse pas les suivantes valeurs:

- En service principal, 70% de la puissance PRP.
- En service de secours, 80% de la puissance LTP.

Date: 31/08/2017. Electra Molins se réserve le droit de modifier les spécifications en fonction des critères techniques.

MODEL: EMT2-1000	
FORM OF CONSTRUCTION: STATIONARY / AUTOMATIC ON CONTAINER	
Brand of the Genset	ELECTRA MOLINS
Control panel type	AUT-MP12
Container Type	20HC-IB
Output in standby service on mains failure (LTP "Limited Time Power" according to norm ISO 8528-1)	1.000 kVA 800 kW
Output in prime service (PRP "Prime Power" according to norm ISO 8528-1)	910 kVA 728 kW
Tolerance of the maximum active power (kW)	±3%
Current intensity in standby service on mains failure	1.443 A
Current intensity in prime service	1.313 A
Voltage	400 V
N° of phases	3 + N
Precision of the voltage in steady state	±0,5%
Range of voltage adjustment	±5%
Power factor	0,8 - 1
Speed	1.500 r.p.m.
Frequency	50 Hz
Frequency variation in steady state	±0,5%
Coolant heater output (only for automatic construction)	4.500 W
Admissible first step load	496 kW
Mean sound level at 1 m (tolerance ±2 dB)	85 dBA



Date: 01/11/2016. Electra Molins reserves the right to modify these specifications according to its own technical criteria.

Generating set technical data: Model Electra Molins EMT2-1000 STATIONARY / AUTOMATIC ON CONTAINER

DIMENSIONS AND CONSUMPTIONS	
Length x Width x Height	6.100 x 2.440 x 2.900 mm
Weight empty of fuel	13.900 kg
Fuel tank capacity	990 l
Specific fuel consumption	0,25 l/kW-h
Fuel consumption with 75% of load (600 kW)	149 l/h

DIESEL ENGINE	
Make of the engine and model	MTU 12V2000G86F
Cycle	Diesel 4 stroke
Cooling	Water-cooled radiator
N° and configuration of the cylinders	12 in V-form
Total swept volume	26,8 l
Air aspiration	Turbocharger with air-air cooler
Speed governor	Electronic
Total oil capacity	92 l
Oil consumption at full load	0,44 l/h
Capacity of the cooling circuit (40% antifreeze cooling liquid)	164 l

ALTERNATOR	
Make of the alternator and model	LEROY SOMER LSA 493 L10
Connection	Star
Insulation class	H
Voltage electronic regulator	AREP R450
Sustained short-circuit current	3 In during 10 seconds
Protection	IP-23

BATTERIES	
Quantity	2
Connection	en serie
Direct current voltage	24 V
Capacity of each battery	210 Ah
Type	Lead-acid

The stated outputs correspond to the maximum continuous power with variable load according to ISO-8528-1, in atmospheric conditions of 40°C and 1000 m of altitude. The generating set can operate at higher temperatures and altitudes with the application of power correcting factors.

The prime power output admits a 10% overload in limited time peaks, maximum one hour every 12 hours. However, in order to extend the engines life, it is advised that the average active power charges (kW), either continuous or discontinuous, connected to the generating set during any 24 hours working period, should not exceed:

- 70% PRP power, in main service.
- 80% LTP power, in standby service on mains failure.

Date: 01/11/2016. Electra Molins reserves the right to modify these specifications according to its own technical criteria.

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Annexe 5: Inventaire des Moteurs

Bâtiment	Nom d'appareil	Type d'appareil	Puissance de l'appareil (kW)	Rendement	Classe de rendement	Etat Physique	Etat Energétique
TAV	MOTOR FOR AOP-1(TAG09)		2,2	93%	IE3	Bon	Bon
TAV	MOTOR FOR AOP-2(TAG09)		2,2	87%	IE3	Bon	Bon
TAV	NO.1 BD TRANSFER PUMP(TAG09)	Pompe	11	90%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	NO.2 BD TRANSFER PUMP(TAG09)	Pompe	11	91%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	HRSG B/D TANK(TAG09) Area Sump Pump		11	91%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	MOTOR FOR AOP-1(TAG10)	Moteur	2,2	88%	IE3	Bon	Bon
TAV	MOTOR FOR AOP-2(TAG10)		2,2	88%	IE3	Bon	Bon
TAV	NO.1 BD TRANSFER PUMP(TAG10)	Pompe	11	91%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	NO.2 BD TRANSFER PUMP(TAG10)	Pompe	11	91%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	HRSG B/D TANK(TAG10) Area Sump Pump	Pompe	11	91%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	Moteurs pompe de réfrigération A	Pompe	160	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs pompe de réfrigération B	Pompe	160	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques unité d'entraînement ACC de 1	Ventilateur de refroidissement	180	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques unité d'entraînement ACC de 2	Ventilateur de refroidissement	180	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques unité d'entraînement ACC de 3	Ventilateur de refroidissement	180	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques unité d'entraînement ACC de 4	Ventilateur de refroidissement	180	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques unité d'entraînement ACC de 5	Ventilateur de refroidissement	180	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques unité d'entraînement ACC de 6	Ventilateur de refroidissement	180	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques unité d'entraînement ACC de 7	Ventilateur de refroidissement	180	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques unité d'entraînement ACC de 8	Ventilateur de refroidissement	180	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques unité d'entraînement ACC de 9	Ventilateur de refroidissement	180	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques unité d'entraînement ACC de 10	Ventilateur de refroidissement	180	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques unité d'entraînement ACC de 11	Ventilateur de refroidissement	180	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques unité d'entraînement ACC de 12	Ventilateur de refroidissement	180	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques unité d'entraînement ACC de 13	Ventilateur de refroidissement	180	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques unité d'entraînement ACC de 14	Ventilateur de refroidissement	180	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques unité d'entraînement ACC de 15	Ventilateur de refroidissement	180	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques unité d'entraînement ACC de 16	Ventilateur de refroidissement	180	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques unité d'entraînement ACC de 17	Ventilateur de refroidissement	180	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques unité d'entraînement ACC de 18	Ventilateur de refroidissement	180	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteur électrique de pompe à anneau liquide #1/2 (HOLDING)	Pompe	150	94%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteur électrique de pompe à anneau liquide #1/2 (HOLDING)	Pompe	150	94%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteur électrique de pompe à vide 50% (HOGGING)	Pompe	150	94%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteur électrique de pompe à vide 50% (HOGGING)	Pompe	150	94%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs électriques de vidange pot A	Pompe	22	92%	IE2	Bon	A améliorer

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Bâtiment	Nom d'appareil	Type d'appareil	Puissance de l'appareil (kW)	Rendement	Classe de rendement	Etat Physique	Etat Energétique
TAV	Moteurs électriques de vidange pot B	Pompe	22	92%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	HP Cleaning pump	Pompe	30	93%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	Motopompe huile de soulèvement paliers 1	Pompe	29,83	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Motopompe huile de soulèvement paliers 2	Pompe	29,83	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Air Dryer 1	Sécheur à air	3,3	88%	IE3	Bon	Bon
TAV	Air Dryer 2	Sécheur à air	3,3	88%	IE3	Bon	Bon
TAV	HPU for TAG 9 bypass System		4,38	88%	IE3	Bon	Bon
TAV	HPU for TAG 10 bypass System		4,38	88%	IE3	Bon	Bon
TAV	Overhead Crane for Steam Turbine Building	Pont roulant	55	94%	IE3	Bon	Bon
TAV	Hoist for Condensate Pump area	palant	6,5	90%	IE3	Bon	Bon
TAV	Diesel oil transfer pump	Pompe	1,5	84%	IE3	Bon	Bon
TAV	Turning gear motor/Piggy back motor		0,7457	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Turning gear motor	Moteur de	3,728	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Motopompes huile de lubrification 1	Pompe	74,57	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Motopompes huile de lubrification 2	Pompe	74,57	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Extracteur de vapeur d'huile	Extracteur de	2,237	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Extracteur de vapeur d'huile	Extracteur de	2,24	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteur-pompe hydraulique HP	Pompe	11,19	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteur-pompe hydraulique HP	Pompe	11,19	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteur pompe de transfert	Pompe	0,75	83%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs pompe de refroidissement	Pompe	3,728	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs pompe de refroidissement	Pompe	3,73	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs extracteur de buée vapeur	Extracteur de buée	18,64	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	Moteurs extracteur de buée vapeur	Extracteur de buée	18,64	95%	IE3	Bon	Bon
TAV	AIR Compressor-1	Compresseur	90	95%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	AIR Compressor-2	Compresseur	90	95%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	TAG10 HRSG HP STEAM TO AUX.STEAM HDR MOV		6	82%	Inférieur aux classes IE	Bon	Mauvais
TAV	TAG9 HRSG HP STEAM TO AUX.STEAM HDR MOV		6	82%	Inférieur aux classes IE	Bon	Mauvais
TAV	CLEAN DRAIN TANK SUMP MOV		0,9	70%	IE1	Bon	Mauvais
TAV	CLEAN DRAIN PUMP DISCH MOV		1,8	84%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	CEP A DISCH MOV		1,8	80%	IE1	Bon	Mauvais
TAV	CEP B DISCH MOV		1,8	80%	IE1	Bon	Mauvais
TAV	CEP C DISCH MOV		1,8	80%	IE1	Bon	Mauvais
TAV	TAG10 HP BYP. SPRAY WTR MOV		1,8	84%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	TAG9 HP BYP. SPRAY WTR MOV		1,8	84%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	HP MAIN STEAM ISO MOV (TAG9)		4,5	88%	IE3	Bon	Bon
TAV	LP MAIN STEAM ISO MOV (TAG9)		1,5	84%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	HP MAIN STEAM ISO MOV (TAG10)		4,5	88%	IE3	Bon	Bon
TAV	LP MAIN STEAM ISO MOV (TAG10)		1,5	88%	IE2	Bon	A améliorer
TAV	AUX.BOILER TO AUX. STM HDR MOV		0,9	83%	IE3	Bon	Bon
TAV	AUX STM TO TAG9 DEARATOR MOV		0,9	83%	IE3	Bon	Bon
TAV	TAG9 HP BFP A DISCH MOV		6	82%	Inférieur aux classes IE	Bon	Mauvais
TAV	TAG9 LP BFP A DISCH MOV		1,8	80%	IE1	Bon	Mauvais
TAV	TAG9 HP BFP B DISCH MOV		6	82%	Inférieur aux classes IE	Bon	Mauvais

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

[illegible]

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Batiment	Nom d'appareil	Puissance de l'appareil (kW)	Classe de rendement	Etat Physique	Etat Energétique
TAG 6	MOTEUR VENT. COMP. TURB. 88BT	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. COMP. PUISSANCE 88VG	9,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 CORPS TURB.	30,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 CORPS TURB.	30,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE A HUILE AUXILIAIRE 88QA	30,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 EAU DE REFROIDISEMENT	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 EAU DE REFROIDISEMENT	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 EAU DE REFROIDISEMENT	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 EAU DE REFROIDISEMENT	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 EAU DE REFROIDISEMENT	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 EAU DE REFROIDISEMENT	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 EAU DE REFROIDISEMENT	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. FILTRE A AIR	18,50	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR BROUILLARD HUILE	5,50	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE 1 COMBUSTIBLE DDO	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE 1 COMBUSTIBLE DDO	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE 1 COMBUSTIBLE HVO	7,50	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE 1 COMBUSTIBLE HVO	7,50	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE A EGOUTTURE	0,75	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENTILATEUR TRANSFO TP	1,10	IE2	Vieillissant	A améliorer
TAG 5	MOTEUR VENT. COMP. TURB. 88BT	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. COMP. PUISSANCE 88VG	9,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 CORPS TURB.	30,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 CORPS TURB.	30,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE A HUILE AUXILIAIRE 88QA	30,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 EAU DE REFROIDISEMENT	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 EAU DE REFROIDISEMENT	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 EAU DE REFROIDISEMENT	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 EAU DE REFROIDISEMENT	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 EAU DE REFROIDISEMENT	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 EAU DE REFROIDISEMENT	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 EAU DE REFROIDISEMENT	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. 1 EAU DE REFROIDISEMENT	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENT. FILTRE A AIR	18,50	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE A HUILE DE VIRAGE	1,50	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR BROUILLARD HUILE	5,50	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE 1 COMBUSTIBLE DDO	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE 1 COMBUSTIBLE DDO	11,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE 1 COMBUSTIBLE HVO	7,50	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE 1 COMBUSTIBLE HVO	7,50	IE2	Vieillissant	A améliorer
TAG 6000	MOTEUR POMPE A EGOUTTURE	0,75	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENTILATEUR TRANSFO TP	1,10	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE ELECTRIQUE 300M3/H LOCAL INCENDIE	75,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE ELECTRIQUE 100M3/H LOCAL INCENDIE	55,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE JOCKEY 8M3/H 6 BARS LOCAL INCENDIE	3,70	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE JOCKEY 8M3/H 10 BARS LOCAL INCENDIE	5,50	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE DETERGENT	1,10	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE EAU SKID LAVAGE	22,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENTILATEUR BRULEUR CHAUDIERE 101 à 103	22,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENTILATEUR BRULEUR CHAUDIERE 101 à 104	22,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR VENTILATEUR BRULEUR CHAUDIERE 101 à 105	22,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE A EAU CHAUDIERE MO 201	30,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE A EAU CHAUDIERE MO 202	30,00	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR COMPRESSEUR AIR DE REGULATION MO 201	5,5	IE2	Bon	A améliorer
	MOTEUR COMPRESSEUR AIR DE REGULATION MO 202	5,5	IE2	Bon	A améliorer
	MOTEUR POMPE DE RELEVAGE	11,8	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE DE RELEVAGE	11,8	IE2	Vieillissant	A améliorer
	MOTEUR POMPE DE RELEVAGE	11,8	IE2	Vieillissant	A améliorer

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Annexe 6: Inventaire des Climatiseurs

Désignation Bâtiment	Désignation Local	Type de climatisé	EER	Type de réfrigéra	Etat physique	Etat énergétique
BATIMENT ELECTRIQUE	Salle de commande	ARMOIRE	5,95	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT ELECTRIQUE	Salle serveur	ARMOIRE	4,76	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT ELECTRIQUE	Local CCM	ARMOIRE	4,76	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT ELECTRIQUE	Poste de contrôle	Cassette	1,89	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Salle de repos	Cassette	1,89	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Archive 1	Cassette	1,89	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Archive 2	Cassette	1,88	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Salle Achive Achats	Cassette	1,89	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Salle de conférence 1	Cassette	1,89	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Salle de conférence 2	Cassette	1,89	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Bureau Achats	Cassette	1,89	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Local MV	Gainable	1,73	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Local LV	Gainable	1,73	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Local CCM TAG 10	Gainable	2,10	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	Local MTG			R410-A	Bon	Mauvais
ATELIER	CCM Atelier	Armoire	2,13	R407-C	Bon	Mauvais
ATELIER	Atelier Mécanique	Split	2,43	R410-A	Bon	Mauvais
ATELIER	Atelier Electricité	Split	2,31	R22	Mauvais	Mauvais
ATELIER	Atelier Instrumentation	Split	2,31	R22/R410-A	Mauvais	Mauvais
ATELIER	Bureau Maintenance	Split	2,31	R410-A	Bon	Mauvais
ATELIER	Bureau des contremètres Maintenance	Split	2,48	R410-A	Bon	Mauvais
ATELIER	Salle de réunion	Split	2,61	R410-A	Bon	Bon
TRAITEMENT DES EAUX	Bureau chimistes 1	Split	2,61	R410-A	Bon	Bon
TRAITEMENT DES EAUX	Bureau chimistes 2	Split	2,71	R410-A	Bon	Bon
TRAITEMENT DES EAUX	Magasin	Split	2,62	R410-A	Bon	Bon
TRAITEMENT DES EAUX	Laboratoire	Split	2,52	R410-A	Bon	Bon
TRAITEMENT DES EAUX		Cassette	2,71	R410-A	Bon	Bon
TRAITEMENT DES EAUX	CCM Déminéralisation	ARMOIRE	2,56	R407-C	Bon	Bon
CHAUDIERE AUXILLIAIRE	CCM	Cassette	2,71	R410-A	Bon	Bon
CHAUDIERE AUXILLIAIRE		Gainable	1,53	R410-A	Bon	Mauvais
ECHANTILLONNAGE	Local Echantillonnage d'eau TAG 9	Split	2,86	R410-A	Bon	Bon
ECHANTILLONNAGE	Local Echantillonnage d'eau TAG 10	Split	2,86	R410-A	Bon	Bon
ECHANTILLONNAGE	Local Dosage Chimique	Split	2,86	R410-A	Bon	Bon
ACC	CCM ACC	ARMOIRE	2,19	R407-C	Bon	Mauvais
ACC		ARMOIRE	1,81	R22	Mauvais	Mauvais
BATIMENT CANTINE	Salle de restauration	Cassette	3,33	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT CANTINE			2,71	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT CANTINE	Salle Polyvalente	Cassette	2,48	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT CANTINE			2,57	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT CANTINE	Magasin Produits secs	Split	2,71	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT CANTINE	Magasin Stock Alimentaire	Cassette	1,89	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT CANTINE	Infirmierie salle de consultation	Cassette	2,71	R410-A	Bon	Bon

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Désignation Bâtiment	Désignation Local	Type de climatisation	EER	Type de réfrigérant	Etat physique	Etat énergétique
BATIMENT CANTINE	Infirmierie salle projet	Cassette	2,71	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT CANTINE	Infirmierie salle d'observation	Cassette	2,71	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT CANTINE	Infirmierie salle	Cassette	2,71	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT CANTINE		Split		R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	Office 1	Cassette	2,71	R410A	Bon	Bon
BATIMENT ADMINISTRATION	Office 2	Cassette	3,33	R410A	Bon	Bon
BATIMENT ADMINISTRATION	Office 3	Cassette	2,71	R22	Mauvais	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	Office 4	Cassette	2,78	R410A	Bon	Bon
BATIMENT ADMINISTRATION	Office 5	Cassette	2,71	R410A	Bon	Bon
BATIMENT ADMINISTRATION	Office 6	Cassette	4,19	R410A	Bon	Bon
BATIMENT ADMINISTRATION	Office 7	Cassette	2,71	R410A	Bon	Bon
BATIMENT ADMINISTRATION	Office 8	Cassette	1,85	R410A	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	Office 9	Cassette	2,71	R410A	Bon	Bon
BATIMENT ADMINISTRATION	Office 10	Cassette	2,71	R410A	Bon	Bon
BATIMENT ADMINISTRATION	Office 11	Cassette	1,85	R410A	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	Salle de conférence	Cassette	4,19	R410A	Bon	Bon
BATIMENT ADMINISTRATION	Office 12	Cassette	1,85	R410A	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	Salle Serveur	Cassette	1,85	R410A	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	Salle de Formation	Split	2,59	R22	Mauvais	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	Bureau Informaticiens	Split	2,59	R22	Mauvais	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	Bureau Aquarium 2	Split	2,59	R22	Mauvais	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	Bureaux Direction générale	Rooftop	1,78	R22	Vieillissant	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	Salles Electriques (CC TAG8,CCM TAG9,Local MT TAG 9,SpeedTronic 5-6-7-8,CCM 6000)	Rooftop	1,78	R22	Vieillissant	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	Salles Electriques (CC TAG8,CCM TAG9,Local MT TAG 9,SpeedTronic 5-6-7-8,CCM 6000)	Rooftop	2,14	R22	Vieillissant	Mauvais
BATIMENT CHAVEROU (MAINTENANCE)	Bureau 1	Split	2,45	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEROU (MAINTENANCE)	Bureau 2	Split	2,61	R22	Mauvais	Mauvais
BATIMENT CHAVEROU (MAINTENANCE)	Bureau 3	Split	2,07	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEROU (MAINTENANCE)	Bureau 4	Split	2,41	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEROU (MAINTENANCE)	Bureau 5	Split	2,41	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEROU (MAINTENANCE)	Bureau 6	Split	2,45	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEROU (MAINTENANCE)	Bureau 7	Split	2,60	R22	Mauvais	Mauvais
BATIMENT CHAVEROU (MAINTENANCE)	Local Serveur Bureau 7	Split	2,52	R22	Mauvais	Mauvais
BATIMENT CHAVEROU (MAINTENANCE)	Bureau 8	Split	2,40	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEROU (MAINTENANCE)	Bureau 9	Split	2,90	R22	Mauvais	Mauvais
BATIMENT CHAVEROU (MAINTENANCE)	Cuisine	Split	2,61	R22	Mauvais	Mauvais

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Désignation Bâtiment	Désignation Local	Type de climatise	EER	Type de réfrigéra	Etat physique	Etat énergétique
BATIMENT CHAVEROU (MAINTENANCE)	Salle de réunion	Split	3,08	R22	Mauvais	Mauvais
BATIMENT CHAVEROU (MAINTENANCE)	Salle de réunion		2,54	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT CHAVEROU (PROJET)	Bureau 1	Split	2,54	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT CHAVEROU (PROJET)	Bureau 2	Split	2,54	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT CHAVEROU (PROJET)	Bureau 3	Split	2,60	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT CHAVEROU (PROJET)	Bureau 4	Split	2,60	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT CHAVEROU (PROJET)	Bureau 5	Split	2,60	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT CHAVEROU (PROJET)	Bureau 6	Split	2,60	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT CHAVEROU (PROJET)	Bureau 7	Split	2,60	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT CHAVEROU (PROJET)	Bureau 8	Split	2,66	R22	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEROU (PROJET)	Salle de réunion Projet	Split	2,41	R410-A	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEROU (PROJET)			2,39	R22	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEROU (PROJET)	Magasin Climatisé	ARMOIRE	2,60	R22	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEROU	Magasin Stock Produits chimiques 1	Split	2,63	R410-A	Bon	Bon
BATIMENT CHAVEROU	Magasin Stock Produits chimiques 2	Split	2,63	R410-A	Bon	Bon
LOCAL CHAUDIERE	Local Electrique	Fenêtre	2,73	R22	Bon	Mauvais
POSTE DE GARDE 1	Guérite	Split	2,61	R410-A	Bon	Bon
POSTE DE GARDE 1	Salle d'attente	Split	2,61	R410-A	Bon	Bon
POSTE DE GARDE 1	Vestiaire Femme	Split	2,59	R410-A	Bon	Bon
POSTE DE GARDE 1	Salle Serveur	Split	2,71	R410-A	Bon	Bon
POSTE DE GARDE 2	Guérite	Split	2,61	R410-A	Bon	Bon
POSTE DE GARDE 2	Salle d'attente	Split	2,61	R410-A	Bon	Bon
POSTE DE GARDE 2	Salle Serveur	Split	2,61	R410-A	Bon	Bon
POSTE DE GARDE 3	Guérite	Split	2,61	R410-A	Bon	Bon

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Annexe 7: Inventaire des Luminaires

Désignation Bâtiment	Désignation Local	Type de Lampes	Nombre de lampes	Etat physique	Etat énergétique
BATIMENT ELECTRIQUE	POSTE DE CONTRÔLE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	72	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	SALLE SERVEUR	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	78	vetuste	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	LOCAL INCENDIE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	12	vetuste	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	COULOIR R+1	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	32	vetuste	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	CCM	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	40	vetuste	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	TOILETTE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	8	vetuste	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	TOILETTE	Fluo compact E27 14w 6500k	7	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	BUREAU PC	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	STOCKAGE ROOM	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	ESCALIER	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	ARCHIVES 1	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	112	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	ARCHIVES 2	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	28	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	GESTION DE STOCK	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	84	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	LOCAL MV	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	20	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	LOCAL LV	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	50	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	LOCAL MTG	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	16	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	TOILETTE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	TOILETTE	Fluo compact E27 14w 6500k	7	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	LOCAL CCM TAG10	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	32	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	COULOIR	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	ESCALIER	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	10	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	DALLE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	1	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	LOCAL MATERIEL	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	18	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	LOCAL TRANSFO	SODIUM	9	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	SALLE REUNION 2	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	16	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	SALLE REPOS	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	16	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	CONFERENCE ROOM	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	16	Bon	Mauvais
BATIMENT ELECTRIQUE	SALLE REUNION 1	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	Bon	Mauvais
LOCAL INCENDIE TAV	LOCAL INCENDIE TAV	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	60	Bon	Mauvais
EVANTURE BATIMENT ELECTRIQUE	DEVANTURE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	7	Bon	Mauvais
CCM AEROCONDENSEUR	CCM AEROCONDENSEUR	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	24	Mauvais	Mauvais
CCM AEROCONDENSEUR	CCM AEROCONDENSEUR	Fluorescent T8 1,2 36w 4000k	8	Mauvais	Mauvais
CCM AEROCONDENSEUR	CCM AEROCONDENSEUR	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	24	Mauvais	Mauvais
SOUS-SOL	SOUS-SOL	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	10	Mauvais	Mauvais
LOCAL R+1 TURBINE	LOCAL R+1 TURBINE	HALOGENE	20	Mauvais	Mauvais
		Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	22	Mauvais	Mauvais
CONTAINER	CONTENAIRE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	90	Mauvais	Mauvais
ATELIER	CCM	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k		Mauvais	Mauvais
ATELIER	OUVERTURE	SODIUM	5	Mauvais	Mauvais
ATELIER	OUVERTURE	HP	14	Mauvais	Mauvais
ATELIER	ATELIER ELECTRIQUE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	16	Manque de stores	Mauvais
ATELIER	ATELIER MECANIQUE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	24	Manque de stores	Mauvais
ATELIER	ATELIER INSTRUMENTATION	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	32	Manque de stores	Mauvais
ATELIER	MAGASIN STOCK	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	24	Bon	Mauvais
ATELIER	CCM CHAUDIERE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	Bon	Mauvais
ATELIER	ACC	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	24	Bon	Mauvais
ATELIER	BUREAU MAINTENANCE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	48	Bon	Mauvais
ATELIER	COULOIR	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	20	Bon	Mauvais
ATELIER	TOILETTE FEMME	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	8	Bon	Mauvais

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Désignation Bâtiment	Désignation Local	Type de Lampes	Nombre de lampes	Etat physique	Etat énergétique
ATELIER	TOILETTE FEMME	Fluo compact E27 14w 6500k	7	Bon	Mauvais
ATELIER	TOILETTE HOMME	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	8	Bon	Mauvais
ATELIER	TOILETTE HOMME	Fluo compact E27 14w 6500k	4	Bon	Mauvais
ATELIER	BUREAU-CONTRE METRE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	36	Bon	Mauvais
ATELIER	SALLE DE REUNION	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k		Bon	Mauvais
ATELIER	MAINTENANCE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	32	Bon	Mauvais
ATELIER	HALL STOCK	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	74	Bon	Mauvais
ATELIER MAINTENANCE	ATELIER MAINTENANCE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	12	Bon	Mauvais
MAGASIN	MAGASIN	HALOGENE	50	Mauvais	Mauvais
MAGASIN PIECE LOURDE	MAGASIN PIECE LOURDE	HALOGENE	72	Mauvais	Mauvais
CHAUDIERE	CHAUDIERE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	12	Bon	Mauvais
TRAITEMENT DES EAUX	BUREAU CHIMISTE 1 et 2	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	1	Bon	Mauvais
TRAITEMENT DES EAUX	BUREAU CHIMISTE 1 et 2	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	Bon	Mauvais
TRAITEMENT DES EAUX	TOILETTE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	4	Bon	Mauvais
TRAITEMENT DES EAUX	MAGASIN	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	2	Bon	Mauvais
TRAITEMENT DES EAUX	LABORATOIRE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	48	Bon	Mauvais
TRAITEMENT DES EAUX	SALLE TRAITEMENT	HALOGENE	8	Mauvais	Mauvais
TRAITEMENT DES EAUX	SALLE TRAITEMENT	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	Bon	Mauvais
TRAITEMENT DES EAUX	CCM LABO	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k		Bon	Mauvais
LOCAL TURBINE TAV	LOCAL TURBINE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	192	Bon	Mauvais
LOCAL TURBINE TAV	LOCAL TURBINE	HALOGENE	4	Mauvais	Mauvais
LOCAL TURBINE TAV	LOCAL TURBINE	HALOGENE	20	Mauvais	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	COULOIR	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	18	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	CUISINE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	BUREAU 9	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	2	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	TOILETTE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	1	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU		Fluo compact E27 14w 6500k	2	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	BUREAU 5	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	BUREAU 6	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	BUREAU 7	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	SALLE DE REUNION	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	ARCHIVES	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k		Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	BUREAU 4	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	BUREAU 3	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	BUREAU 1	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	BUREAU 2	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	SALLE DE REUNION	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	COULOIR 1	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	BUREAU 6	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	BUREAU 7	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	BUREAU 5	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	BUREAU 4	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	TOILETTE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	2	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	BUREAU 2	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	12	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	BUREAU 3	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	BUREAU 1	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	MAGASIN ELECTRIQUE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	48	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	BUREAU 9	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	2	Bon	Mauvais
BATIMENT CHAVEREAU	FACADE CHAVEREAU	LED	14	Bon	Bon
TAG 10	AUXILLIAIRE TURBINE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	16	Bon	Mauvais
TAG 10	FLICTION	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	6	Bon	Mauvais

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Désignation Bâtiment	Désignation Local	Type de Lampes	Nombre de lampes	Etat physique	Etat énergétique
TAG 10	FLICTION	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	6	Bon	Mauvais
TAG 10	COMPARTIMENT ALTERNATEUR	HALOGENE	2	Mauvais	Mauvais
TAG 10	HANGAR TAG 10	HALOGENE	6	Mauvais	Mauvais
TAG 10	HANGAR TAG 10	HALOGENE	6	Mauvais	Mauvais
BATIMENT CANTINE	SALLE 1	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	96	Bon	Mauvais
BATIMENT CANTINE	SALLE 1	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT CANTINE	SALLE 2	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	112	Bon	Mauvais
BATIMENT CANTINE	TOILETTE		1	Bon	Mauvais
BATIMENT CANTINE	COULOIR		6	Bon	Mauvais
BATIMENT CANTINE	SALLE CONSULTATION	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT CANTINE	SALLE PROJET		4	Bon	Mauvais
BATIMENT CANTINE	SALLE D'OBSERV	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	16	Bon	Mauvais
BATIMENT CANTINE	SALLE D'ISOLEMENT	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	16	Bon	Mauvais
BATIMENT CANTINE	TOILETTE	Fluo compact E27 14w 6500k	2	Bon	Mauvais
BATIMENT CANTINE	TOILETTE HOMME	Fluo compact E27 14w 6500k	3	Bon	Mauvais
BATIMENT CANTINE	TOILETTE FEMME	Fluo compact E27 14w 6500k	3	Bon	Mauvais
BATIMENT CANTINE	MAGASIN 1	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT CANTINE	MAGASIN 2	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT CANTINE	FACADE CANTINE	LED	14	Bon	Bon
BATIMENT ADMINISTRATION	COULOIR 1	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	32	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	HALL ENTREE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	12	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION		HALOGENE	4	Mauvais	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	BUREAU 1	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	12	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	COULOIR 2	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	16	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	BUREAU 2	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	TOILETTE HOMME	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION		Fluo compact E27 14w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	TOILETTE FEMME	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION		Fluo compact E27 14w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	SALLE DE FORMATTION	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	64	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	BUREAU OFFICE 14	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	SALLE SERVEUR INFORMATIQUE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	SALLE DE CONFERENCE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	36	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	CUISINE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	56	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	HALL 1	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	96	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	HALL 2	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	20	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	SALLE CONDUITE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	16	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	HALL 3	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	80	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	TOILETTE	Fluo compact E27 14w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	BUREAU 1	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	BUREAU 2	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	BUREAU 3	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	HALL ESCALIER 2	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	HALL ESCALIER 3	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	BUREAU 4	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	16	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	SALLE REUNION DG	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	36	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	OFFICE 7	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	28	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	OFFICE 1	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	16	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	COULOIR	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	20	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	OFFICE 2	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	16	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	OFFICE 6	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	OFFICE 3	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	16	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	OFFICE 10	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	OFFICE 9	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	OFFICE 4	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	16	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	OFFICE 5	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	16	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	OFFICE 11	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	OFFICE 8	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	TOILETTE HOMME	Fluo compact E27 14w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION		Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	4	Bon	Mauvais

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Désignation Bâtiment	Désignation Local	Type de Lampes	Nombre de lampes	Etat physique	Etat énergétique
BATIMENT ADMINISTRATION	TOILETTE FEMME	Fluo compact E27 14w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION		Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	COULOIR 3	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k		Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	SALLE DE REUNION BAT AD	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	48	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	LOCAL MT TAG 9	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	LOCAL CCM TAG 8	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	30	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	LOCAL CCM TAG 9	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	14	Bon	Mauvais
BATIMENT ADMINISTRATION	FACADE BAT AD	LED	3	Bon	Bon
	FACADE CLOTURE	LED	23	Bon	Bon
BATIEMENT GESTION DES	COMMANDE ALTERNATEUR	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	14	Bon	Mauvais
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	CCM 6000	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	28	Bon	Mauvais
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	MAGASIN EXTERIEUR 9400	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	62	Bon	Mauvais
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	HANGAR MAGASIN EXT	LED	4	Bon	Bon
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	LOCAL ELECTRIQUE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	2	Bon	Mauvais
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	LOCAL CHAUDIERE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	36	Bon	Mauvais
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	LOCAL INCENDIE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	16	Bon	Mauvais
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	LOCAL GUERITE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	2	Bon	Mauvais
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	POSTE DE GARDE 1	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	SALLE D'ATTENTE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	4	Bon	Mauvais
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	VESTIAIRE FEMME	Fluo compact E27 14w 6500k	6	Bon	Mauvais
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	VESTIAIRE FEMME	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	VESTIAIRE HOMME	Fluo compact E27 14w 6500k	6	Bon	Mauvais
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	VESTIAIRE HOMME	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	8	Bon	Mauvais
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	GESTION DES DECHETS	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	12	Bon	Mauvais
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	POSTE DE GARDE 2	LED	2	Bon	Bon
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	SALLE 1	LED	2	Bon	Bon
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	FACADE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	10	Bon	Mauvais
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	FACADE	LED	2	Bon	Bon
BATIEMENT GESTION DES DECHETS	SALLE D'ATTENTE	LED	3	Bon	Bon
TAG 10	LOCAL POMPE ALIMENTAIRE	HALOGENE	6	Mauvais	Mauvais
TAG 10		Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	12	Bon	Mauvais
TAG 10	CONTENAIRE ECHANTILLONAGE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	14	Bon	Mauvais
TAG 9	CONTENAIRE ECHANTILLONAGE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	8	Bon	Mauvais
TAG 9	LOCAL POMPE ALIMENTAIRE	HALOGENE	6	Mauvais	Mauvais
TAG 9		Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	7	Bon	Mauvais
TAG 9 ET TAG 10	CONTENAIRE DOSAGE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	12	Bon	Mauvais
ECLAIRAGE PUBLICQUE	COUR	HALOGENE	124	Mauvais	Mauvais
ECLAIRAGE PUBLICQUE	COUR	LED	5	Bon	Bon
ECLAIRAGE PUBLICQUE	SUR LES BALLON	LED	50	Bon	Bon
ECLAIRAGE PUBLICQUE	DANS AEROCONDENSEUR	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	80	Bon	Mauvais
ECLAIRAGE PUBLICQUE	ARMATURE TAV	SODIUM	50	Mauvais	Mauvais

I. Les grandeurs photométriques de base.

a. Flux lumineux

Le flux lumineux décrit la quantité de lumière émise par une source lumineuse.

Il s'exprime en *lumen (lm)*.

L'efficacité lumineuse est le quotient du flux lumineux par la quantité d'énergie électrique consommée (lm/W). Elle indique la rentabilité d'une source lumineuse.

Symbole : Φ , Unité de mesure : lm (Lumen).

b. Intensité lumineuse

L'intensité lumineuse décrit la quantité de lumière émise dans une direction donnée. Elle est en grande partie déterminée par des éléments de guidage du flux, des réflecteurs par exemple, et est représentée par la courbe photométrique (C.P.).

Symbole : I, Unité de mesure : cd Candela

c. Éclairement

L'éclairement décrit la densité du flux lumineux en un point d'une surface. Vous trouverez des indications sur les valeurs d'éclairement dans les normes correspondantes (p. ex. EN 12464 « Éclairage des lieux de travail »).

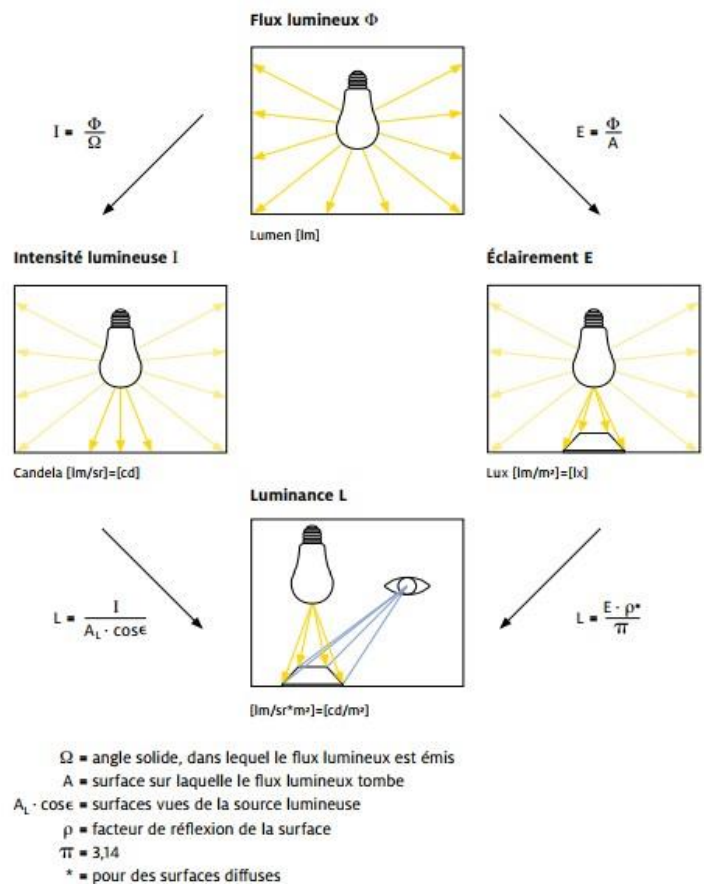
Éclairement : $E(lx) = \text{Flux lumineux (lm) surface (m}^2\text{)}$

Symbole : E, Unité de mesure : lx Lux

d. Luminance

La Luminance est la seule grandeur photométrique perçue par l'œil humain. Ce concept décrit l'impression de luminosité que donne d'un côté une source d'éclairage et de l'autre une surface. Ce faisant, cette impression dépend fortement du facteur de réflexion (couleur et surface).

Symbole : L, Unité de mesure : cd/m²



II. Niveau d'éclairage recommandé dans les zones de travaux selon NF EN 12464-1

Type d'intérieur, tâche visuelle ou activité

Bureaux

	E_m	UGR_L	U_0	R_a
Archivage, copies, zones de circulation, etc.	300	19	0,4	80
Écrire, lire, traitement des données	500	19	0,6	80
Dessin technique	750	16	0,7	80
Postes de travail CAO	500	19	0,6	80
Salles de conférence et de réunion	500	19	0,6	80
Comptoir de réception	300	22	0,6	80
Archives	200	25	0,4	80

Espaces de vente

Espaces de vente	300	22	0,4	80
Zones des caisses	500	19	0,6	80
Tables d'emballage	500	19	0,6	80

Zones publiques

Zones générales

Halls d'entrée	100	22	0,4	80
Vestiaires	200	25	0,4	80
Salles d'attente	200	22	0,4	80
Caisses et guichets	300	22	0,6	80

Type d'intérieur, tâche visuelle ou activité

Zones de circulation et zones générales à l'intérieur de bâtiments

Zones de circulation et zones générales à l'intérieur de bâtiments		E_m	UGR_s	U_0	R_a
Zones de circulation et zones générales à l'intérieur de bâtiments	Voies de circulation et couloirs (au sol)	100	28	0,4	40
	Escaliers, escaliers roulants, tapis roulants	100	25	0,4	40
	Ascenseurs, élévateurs	100	25	0,4	40
	Quais et zones de chargement	150	25	0,4	40
Salles de repos, d'installations sanitaires et de premier secours	Cantines, cuisinettes	200	22	0,4	80
	Salles de repos	100	22	0,4	80
	Salles d'exercices physiques	300	22	0,4	80
	Vestiaires, lavabos, salles de bain, toilettes	200	25	0,4	80
	Infirmeries	500	19	0,6	80
	Salles de soins médicaux	500	16	0,6	90
Salles de contrôle	Locaux d'équipements techniques, salles d'appareillage électrique	200	25	0,4	60
	Locaux courrier, téléx, centraux téléphoniques	500	19	0,6	80
Entrepôts et chambres froides	Réserves et entrepôts	100	25	0,4	60
	Zone d'emballage et d'expédition	300	25	0,6	60
Entrepôts à (hauts) rayonnages	Zones de circulation sans circ. de personnes (au sol)	20	–	0,4	40
	Zones de circulation avec circ. de personnes (au sol)	150	22	0,4	60
	Postes de conduite	150	22	0,6	80
	(Hauts) rayonnages	200	–	0,4	60

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Annexe 9:Tableau récapitulatif du niveau d'éclairage des locaux

Tableau 12: Tableau récapitulatif du niveau d'éclairage des locaux du site

Désignation Local	Type de Lampes	Nombre de lampes	Eclairage en lux	Norme d'éclairage	Etat
POSTE DE CONTRÔLE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	72	400	500	Bon
SALLE SERVEUR	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	78	94	500	Mauvais
LOCAL INCENDIE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	12	20	300	Mauvais
COULOIR R+1	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	32	32	100	Mauvais
CCM	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	40	138	300	Acceptable
TOILETTE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	8	441	200	Excessif
TOILETTE	Fluo compact E27 14w 6500k	7	441	200	Excessif
BUREAU PC	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	850	500	Excessif
STOCKAGE ROOM	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	358	300	Excessif
ESCALIER	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	8	30	200	Mauvais
ARCHIVES 1	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	112	190	200	Bon
ARCHIVES 2	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	28	190	200	Bon
GESTION DE STOCK	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	84	450	300	Excessif
LOCAL MV	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	20	76	200	Mauvais
LOCAL LV	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	50	225	200	Excessif
LOCAL MTG	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	16	301	200	Excessif
TOILETTE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	8	44	200	Mauvais
TOILETTE	Fluo compact E27 14w 6500k	7	44	200	Mauvais
LOCAL CCM TAG10	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	32	300	200	Excessif
COULOIR	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	82	100	Bon
ESCALIER	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	10	45	100	Acceptable
DALLE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	1	800	100	Excessif
LOCAL MATERIEL	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	18	90	300	Mauvais
LOCAL TRANSFO	SODIUM	9	250	300	Bon
SALLE REUNION 2	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	16	110	500	Mauvais
SALLE REPOS	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	16	226	100	Excessif
CONFERENCE ROOM	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	16	300	500	Acceptable
SALLE REUNION 1	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	230	500	Acceptable
LOCAL INCENDIE TAV	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	60	162	300	Acceptable
DEVANTURE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	7	800	200	Excessif
CCM AEROCONDENSEUR	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	24	270	300	Bon
CCM AEROCONDENSEUR	Fluorescent T8 1,2 36w 4000k	8	315	300	Bon
CCM AEROCONDENSEUR	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	24	250	300	Bon
SOUS-SOL	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	10	102	200	Acceptable
LOCAL R+1 TURBINE	HALOGENE	20	130	200	Acceptable
	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	22	122	200	Acceptable
CONTENAIRE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	90	225	200	Excessif
CCM	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k		122	300	Acceptable
OUVERTURE	SODIUM	5	323	300	Bon
OUVERTURE	HP	14	212	300	Bon
ATELIER ELECTRIQUE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	16	213	200	Acceptable
ATELIER MECANIQUE	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	24	416	200	Excessif
ATELIER INSTRUMENTATION	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	32	54	200	Mauvais
MAGASIN STOCK	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	24	270	200	Excessif
CCM CHAUDIERE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	24	134	300	Acceptable
ACC	Fluorescent T8 1,2 36w 6500k	24	122	300	Mauvais
BUREAU MAINTENANCE	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	48	234	500	Acceptable
COULOIR	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	20	450	100	Excessif
TOILETTE FEMME	Fluorescent T8 0,6 18w 6500k	8	66	200	Mauvais

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Annexe 10: Inventaire Bureau/tique

Désignation Bâtiment	Désignation Local	Type d'appareil	Nombre d'appareil	Total Puissance de	Temps d'utilisation (h)	Energie consommée par an (kWh)	Etat physique	Etat énergétique
Bâtiment Administratif	Bureau Responsable Chef	Ordinateur bureau	1	0,220	12	963,6	BON	BON
Bâtiment Administratif	Bureau Responsable Chef	Unité centrale	1	1,430	12	6263,4	BON	BON
Bâtiment Administratif	Salle de la conduite	Ordinateur bureau	24	5,280	24	46252,8	BON	BON
Bâtiment Administratif	Salle de la conduite	Unité centrale	24	34,320	24	300643,2	BON	BON
Bâtiment Administratif	Salle de la conduite	Ordinateur portable	4	0,686	24	6012,864	BON	BON
Bâtiment Administratif	Salle de la conduite	TV plasma	2	0,700	24	6132	BON	BON
Bâtiment Administratif	Salle de la conduite	Imprimante	3	1,980	12	8672,4	BON	BON
Bâtiment Administratif	Bureau 1	Ordinateur bureau	1	0,220	12	963,6	BON	BON
Bâtiment Administratif	Bureau 1	Unité centrale	1	1,430	12	6263,4	BON	BON
Bâtiment Administratif	Bureau 2	Imprimante konica	1	1,760	12	7708,8	BON	BON
Bâtiment Administratif	Salle réunion DG	Vidéo projecteur	1	0,270	1	98,55	BON	BON
Bâtiment Administratif	Salle réunion DG	TV plasma	1	0,350	1	127,75	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 7	Ordinateur bureau	2	0,440	12	1927,2	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 7	Unité centrale	2	2,860	12	12526,8	BON	BON
Bâtiment Administratif	Couloir	Imprimante konica	1	1,760	12	7708,8	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 8	Unité centrale	2	2,860	12	12526,8	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 9	Ordinateur bureau	1	0,220	12	963,6	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 9	Unité centrale	1	1,430	12	6263,4	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 9	Ordinateur portable	1	0,172	12	751,608	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 10	Ordinateur bureau	1	0,220	12	963,6	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 10	Unité centrale	1	1,430	12	6263,4	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 11	Ordinateur bureau	1	0,220	12	963,6	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 11	Unité centrale	1	1,430	12	6263,4	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 11	Ordinateur portable	1	0,172	12	751,608	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 6	Ordinateur bureau	6	1,320	12	5781,6	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 6	Unité centrale	6	8,580	12	37580,4	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 4	Ordinateur bureau	2	0,440	12	1927,2	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 4	Unité centrale	2	2,860	12	12526,8	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 4	Ordinateur portable	1	0,172	12	751,608	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 3	Ordinateur bureau	2	0,440	12	1927,2	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 3	Unité centrale	2	2,860	12	12526,8	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 3	Ordinateur portable	1	0,172	12	751,608	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 2	Imprimante konica	1	1,760	0	160,6	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 1	Ordinateur bureau	1	0,220	12	963,6	BON	BON
Bâtiment Administratif	Office 1	Unité centrale	1	1,430	12	6263,4	BON	BON
Bâtiment Administratif	Salle de conférence 2	Vidéo projecteur Epson	1	0,270	1	98,55	BON	BON
Bâtiment Administratif	Bât. Adm. salle de réunion	Ordinateur bureau	2	0,440	1	160,6	BON	BON
Bâtiment Administratif	Bât. Adm. salle de réunion	Unité centrale	2	2,860	1	1043,9	BON	BON
Bâtiment Administratif	Bât. Adm. salle de réunion	Vidéo projecteur	1	0,270	1	98,55	BON	BON
Bâtiment Administratif	Local CCM TAG 8	Ordinateur bureau	6	1,320	12	5781,6	BON	BON
Bâtiment Administratif	Local CCM TAG 8	Unité centrale	6	8,580	12	37580,4	BON	BON
Bâtiment Administratif	Local CCM TAG 8	Imprimante samsum	2	4,400	1	803	BON	BON
Bâtiment Administratif	Local CCM TAG 8	TV plasma	1	0,350	24	3066	BON	BON
AL BATIMENT ADMINISTRATIF								
Postes de garde	poste de garde 3	Ordinateur bureau	3	0,660	24	5781,6	BON	BON
Postes de garde	poste de garde 3	Unité centrale	3	4,290	24	37580,4	BON	BON
Postes de garde	poste de garde 3	Imprimante hp office jet	1	0,550	1	100,375	BON	BON
Postes de garde	poste de garde 1	Ordinateur bureau	4	0,880	24	7708,8	BON	BON
Postes de garde	poste de garde 1	Unité centrale	4	5,720	24	50107,2	BON	BON
Postes de garde	poste de garde 1	TV plasma	1	0,350	24	3066	BON	BON
Postes de garde	poste de garde 1	Imprimante hp	1	0,660	1	120,45	BON	BON
Postes de garde	Poste de garde 2	Ordinateur bureau	4	0,880	24	7708,8	BON	BON
Postes de garde		Unité centrale	4	5,720	24	50107,2	BON	BON
Postes de garde		Imprimante hp	1	0,660	1	120,45	BON	BON
Postes de garde		TV plasma	1	0,350	24	3066	BON	BON
TOTAL POSTE DE GARDE				15,54		165467,275		
TOTAL GENERAL				80,000		576652,879		

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Annexe 11: Inventaire Electroménager

Désignation Local	Type d'appareil	Total Puissance de l'appareil (kW)	Energie consommée par an kWh	Etat physique	Etat énergétique
BUREAU POSTE DE CONTRÔLE	Refrigerateur	0,12	1 007	Bon	Bon
	micro onde	1,05	767	Bon	Bon
GESTIONNAIRE DE STOCK	fontaine	0,54	4 730	Bon	Bon
		1,71	6 504		
BUREAU MAINTENANCE	CAFETIERE	0,80	584	Bon	Bon
CONTRE-METRE	CAFETIERE	1,00	730	Bon	Bon
		1,80	1 314		
BUREAU CHIMISTE	CAFETIERE	0,80	584	Bon	Bon
LABORATOIRE	REFRIGERATEUR	0,09	788	Bon	Bon
	FONTAINE LABO	0,28	2 453	Bon	Bon
		1,17	3 825		
BUREAU 5	REFRIGERATEUR	0,12	1 051	Bon	Bon
	CAFETIERE	1,26	920	Bon	Bon
BUREAU 6	CAFETIERE	1,26	920	Bon	Bon
	REFRIGERATEUR	0,08	701	Bon	Bon
BUREAU 3	Refrigerateur	0,09	788	Bon	Bon
	BOULLOIRE	2,20	-	Bon	Bon
BUREAU 7	MICROONDE	0,70	256	Bon	Bon
BUREAU 1	REFRIGERATEUR	0,09	788	Bon	Bon
	CAFETIERE	2,52	1 840	Bon	Bon
BUREAU 2	Refrigerateur	0,09	788	Bon	Bon
	BOUILLLOIRE	4,00	1 460	Bon	Bon
CANTINE	tout le materiel est electrique donc	0,00	-	Bon	Bon
		0,00	-	Bon	Bon
		0,00	-	Bon	Bon
BUREAU 6	BOULLOIRE	2,20	803	Bon	Bon
	CAFETIERE	1,26	460	Bon	Bon
BUREAU 7	Refrigerateur	0,09	788	Bon	Bon
BUREAU 2	Refrigerateur	0,09	788	Bon	Bon
	FONTAINE	0,42	3 679	Bon	Bon
CUISINE	Refrigerateur	0,09	788	Bon	Bon
	MICRO ONDE	3,16	1 153	Bon	Bon
SALLE DE CONFERENCE FORMATEUR	micro onde	1,05	383	Bon	Bon
HALL 1	CAFETIERE	1,26	460	Bon	Bon
HALL 2	BOULLOIRE	4,00	1 460	Bon	Bon
	CAFETIERE	2,52	920	Bon	Bon
COULOIR	FONTAINE	0,75	274	Bon	Bon
Total		29,30	21 469		
TOTAL GENRAL ELECTROMENAGER		33,975	33 112,80		

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

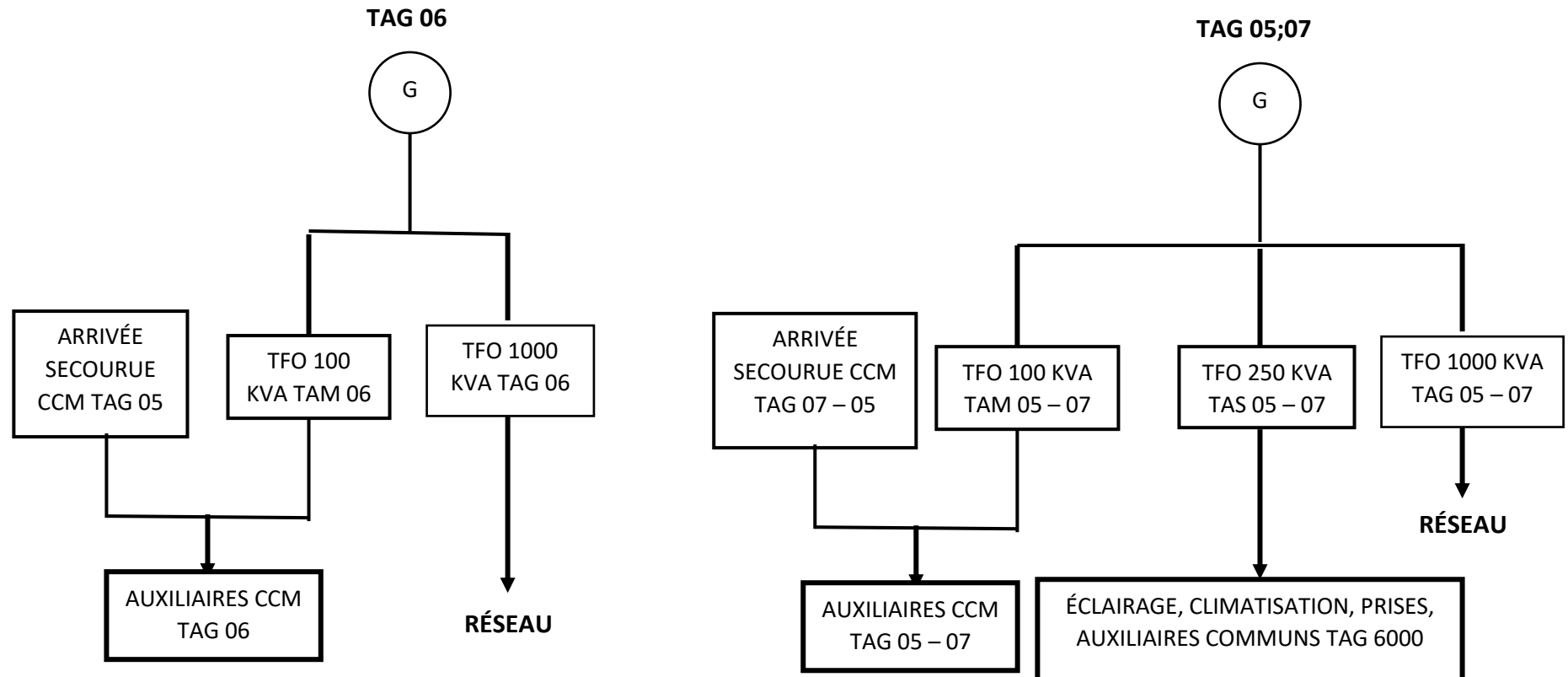
Annexe 12: Inventaire Equipement spéciaux

Désignation Bâtiment	Désignation Local	Type d'appareil	Nombre d'appareil	Total Puissance de l'appareil (kW)	Temps d'utilisation (H)	Energie consommée par an kWh	Etat physique	Etat énergétique
Traitement des eaux	Labo Traitement	QA- Monitor ami inspector oxygen	1	0,172	12	752	BON	BON
Traitement des eaux	Labo Traitement	Refrroidisseur	1	0,125	12	548	BON	BON
batiment cantine et infirmerie	cuisine	micronde	1	0,450	6	986	BON	BON
batiment cantine et infirmerie	cuisine	four 1	1	13,000	6	28 470	BON	BON
batiment cantine et infirmerie	cuisine	marmite	1	12,000	6	26 280	BON	BON
batiment cantine et infirmerie	cuisine	four 2	2	60,900	6	133 371	BON	BON
batiment cantine et infirmerie	cuisine	thermo	1	34,500	6	75 555	BON	BON
batiment cantine et infirmerie	cuisine	fruiteuse	1	14,500	6	31 755	BON	BON
Poste de garde 2	façade vestiaire	hand dryer	2	3,920	12	17 170	BON	BON
Poste de garde 2	façade vestiaire	distributeur d'eau	1	0,396	12	1 734	BON	BON
Poste de garde 2	salle 1	ventilateur	2	0,150	24	1 314	BON	BON
Poste de garde 2	vestiaire femme	hand dryer	1	1,960	12	8 585	BON	BON
Poste de garde 2	façade poste garde 2	hand dryer	1	1,800	12	7 884	BON	BON
Poste de garde 2	Poste de garde 2	Centurion poste de garde 2	1	1,540	12	6 745	BON	BON
Poste de garde 2	Poste de garde 2	Automatic systeme	2	0,700	12	3 066	BON	BON
Poste de garde 1	Poste de garde 2	hand dryer	2	3,920	12	17 170	BON	BON
Poste de garde 1	Poste de garde 1	Centurion poste de garde 1	2	3,080	12	13 490	BON	BON
Poste de garde 1	Poste de garde 1	Automatic systeme	2	0,700	12	3 066	BON	BON
TAG 8	local chaudiere	extrateur	3	2,250	24	19 710	BON	BON
TAG 10	Local Pompe alimentaire	extrateur	2	1,500	24	13 140	BON	BON
Site	Site	Camera	28	16,100	24	141 036	BON	BON
TOTAL BAT. ADM. POST.				44,83		294 914	-	-
TOTAL				242		887 048		

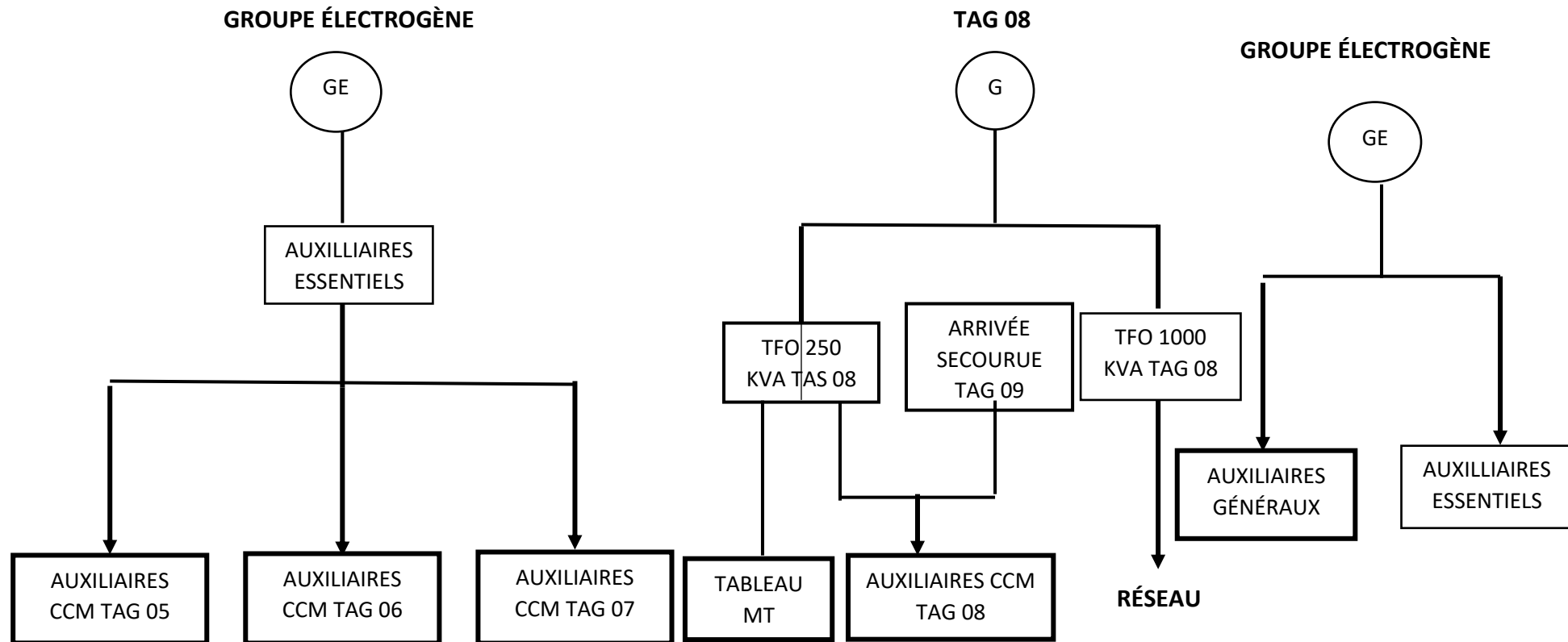
AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Annexe 13: Diagramme des flux énergétiques

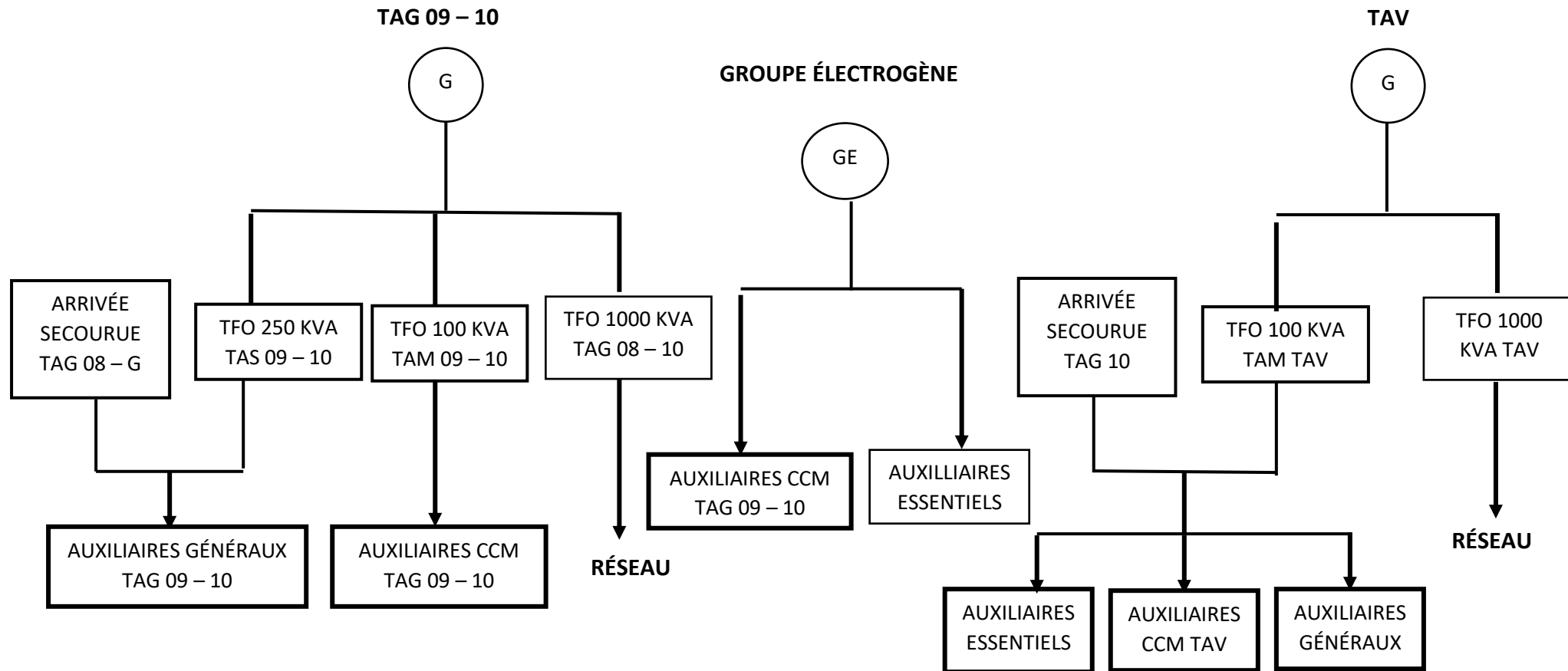
- Diagrammes des flux énergétiques
Les schémas ci-dessous représentent les flux énergétiques de chaque unité de production.



AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE



AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE



A) Mesures électriques

🚦 TAG 5-6-7

Pendant notre campagne de mesures sur les TAG 6000, nous avons effectué au total 25 mesures sur les différents usages. À savoir les auxiliaires vitaux et les auxiliaires généraux. Pour les TAG 6000, nous avons privilégié les arrivées générales (CCM) des turbines.

✦ Arrivée générale TAG 05

Les mesures ont été effectuées le 07/09/2020 de 14 h15 à 15h15 soit pendant 45 min de fonctionnement

○ Courant

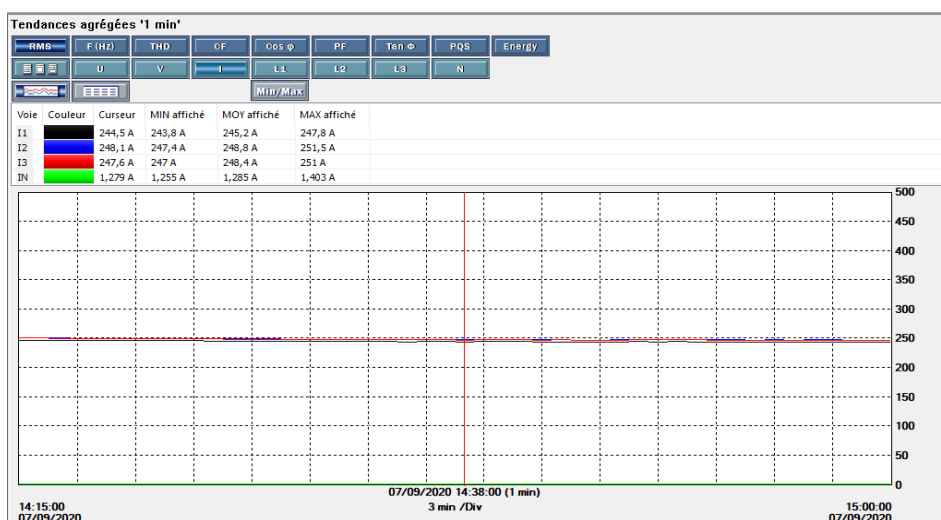


Figure 37: L'évolution des courants de l'Arrivée générale TAG 05

Nous avons une courbe constante et rectiligne.

Les valeurs moyennes des courants en ligne L1 L2 et L3 sont respectivement de 245,2 A ; 248,8 A et 248,4 A.

Les valeurs minimales des courants en ligne L1 L2 et L3 sont respectivement de 243,8 A ; 247,4 A et 247 A.

Les valeurs maximales des courants en ligne L1 L2 et L3 sont respectivement de 247,8 A ; 251,5 A et 251 A

● TAG 09

Pendant notre campagne de mesures sur la TAG 09, nous avons effectué au total 09 mesures sur les différents usages. Principalement sur les auxiliaires vitaux et le départ DIVERTER. Pour

la TAG 09, nous avons privilégié le départ 88QV18 MOTO VENTILATEUR ALTERNATEUR, 88WC MOTO POMPE et le départ DIVERTER. Les autres mesures sont disponibles en annexes en tableau Excel.

✦ Disjoncteur 88QV18 MOTO VENTILATEUR ALTERNATEUR - CCM

○ Tensions composées

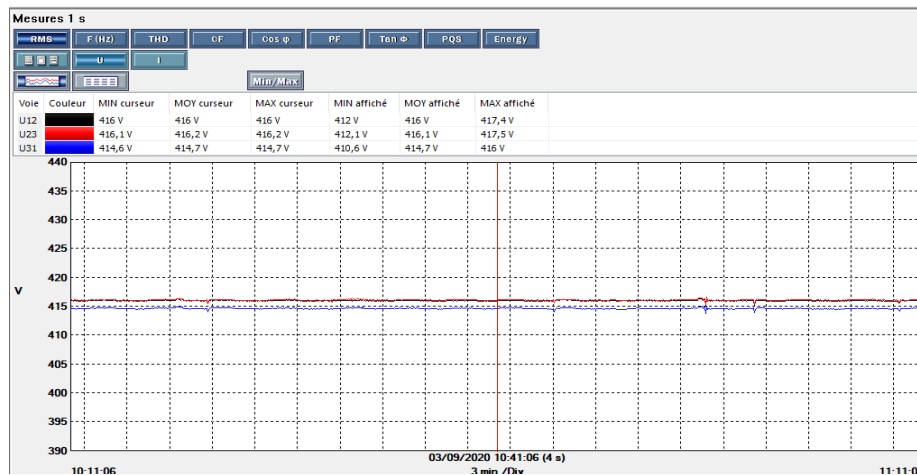


Figure 38: l'évolution des tensions composées du Disjoncteur 88QV18 MOTO VENTILATEUR ALTERNATEUR - CCM

V et 414,7 V.

Les valeurs minimales des tensions U1, U2 et U3 sont respectivement de 412 V ; 412,1 V et 410,6 V.

Les valeurs maximales des tensions U1, U2 et U3 sont respectivement de 417,4 V ; 417,5 V et 416 V.

● TAG 10

Pendant notre campagne de mesures sur la TAG 10, nous avons effectué au total 15 mesures sur les différents usages. Principalement sur les auxiliaires vitaux et les auxiliaires généraux. Pour la TAG 10, nous avons privilégié le départ 88FC1 COOLING WATER FAN 3, ARMOIRE CLIMATISATION 10 et le départ 88TK1 MOTO VENTILO 1. Les autres mesures sont disponibles en annexes en tableau Excel.

✦ Disjoncteur 88FC1 COOLING WATER FAN 3 - CCM

Les valeurs maximales des tensions U1, U2 et U3 sont respectivement de 402,9 V ; 404,1 V et 402,8 V.

○ Puissance active

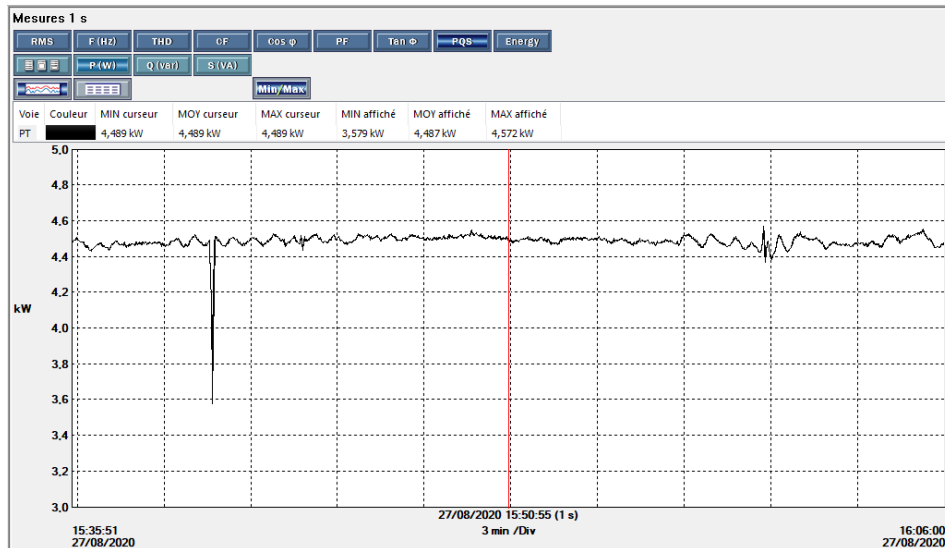


Figure 39: l'évolution de la puissance active du Disjoncteur 88FC1 COOLING WATER FAN 3 - CCM

La puissance active moyenne est de 4,48 kW

La puissance minimale est de 3,57 kW

La puissance maximale est de 4,57 kW

● La TAG 08

Pendant notre campagne de mesures sur la TAG 08, nous avons effectué au total 14 mesures sur les différents usages. Principalement sur les auxiliaires vitaux et les auxiliaires généraux. Pour la TAG 08, nous avons privilégié le départ 88TG VIRAGE, 88TA2 FILTRE A AIR et le départ CHARGEUR DE BATTERIES.

✦ Disjoncteur 88TA2 FILTRE A AIR - CCM

○ Courants

Les mesures ont été effectuées le 01/09/2020 de 15h27 à 16h25

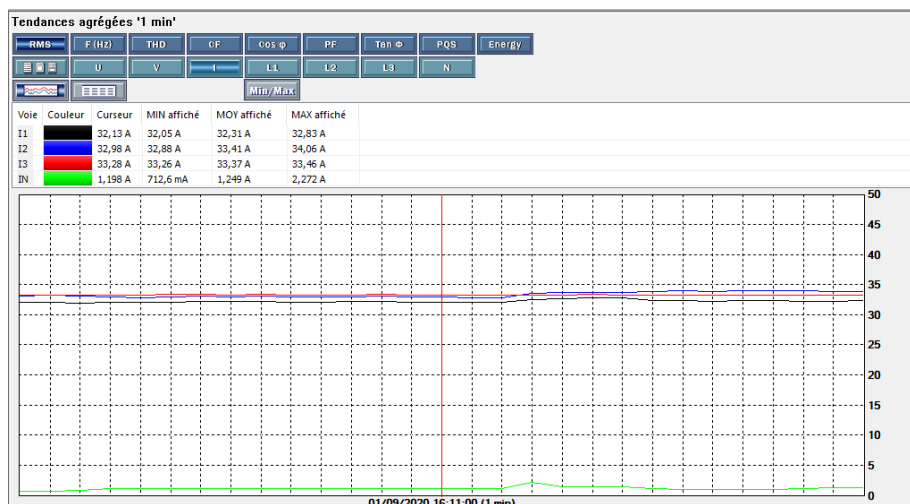


Figure 40: l'évolution des courants du Disjoncteur 88TA2 FILTRE A AIR - CCM

AUDIT ÉNERGÉTIQUE DANS L'INDUSTRIE : CAS D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Les valeurs moyennes des courants en ligne L1 L2 et L3 sont respectivement de 32,31 A ; 33,41 A et 33,37 A.

Les valeurs minimales des courants en ligne L1 L2 et L3 sont respectivement de 32,05 A ; 32,88 A et 33,26 A.

Les valeurs maximales des courants en ligne L1 L2 et L3 sont respectivement de 32,83 A ; 34,06 A et 33,46 A.

○ Tensions composées

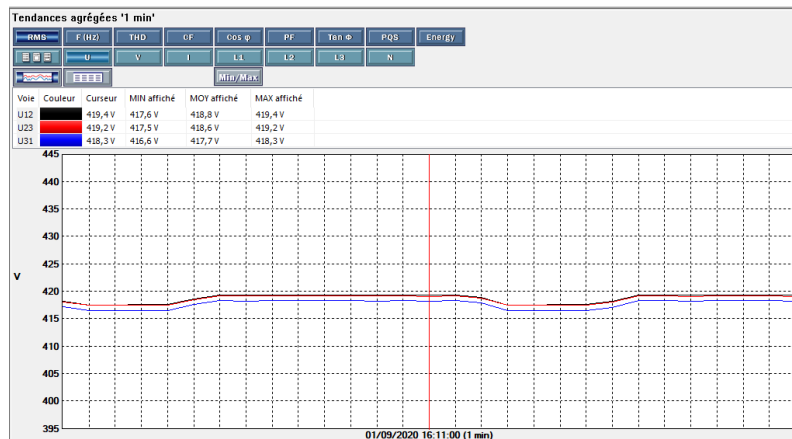


Figure 41: l'évolution des tensions composées du Disjoncteur 88TA2 FILTRE A AIR - CCM

Les valeurs moyennes des tensions U1, U2 et U3 sont respectivement de 418,8 V ; 418,6 V et 417,7 V.

Les valeurs minimales des tensions U1, U2 et U3 sont respectivement de 417,6 V ; 417,5 V et 416,6 V.

Les valeurs maximales des tensions U1, U2 et U3 sont respectivement de 419,4 V ; 419,2 V et 418,3 V.

○ Puissance active

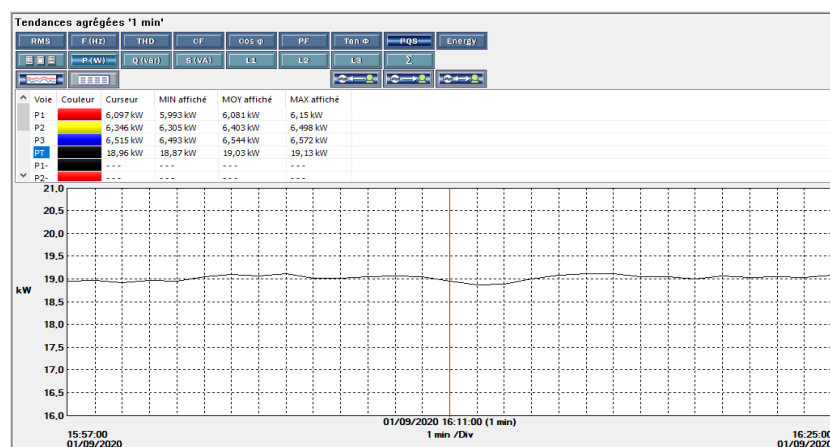


Figure 42: l'évolution de la puissance active du Disjoncteur 88TA2 FILTRE A AIR - CCM

La puissance active moyenne est de 19,03 kW

La puissance minimale est de 18,87 kW

La puissance maximale est de 19,13 kW

● La TAV

Pendant notre campagne de mesures sur la TAV, nous avons effectué au total 08 mesures sur les différents usages. Principalement sur les auxiliaires essentiels et les auxiliaires généraux. Pour la TAV, nous avons privilégié le départ LKA 203 HVAC MCC, LKA 208 WORKSHOP MCC et le départ LKA 106 ESSENTIEL. Les autres mesures sont disponibles en annexes en tableau Excel.

✦ Disjoncteur LKA 203 HVAC MCC

○ Courants

Les mesures ont été effectuées le 27/08/2020 de 11h00 à 13h40

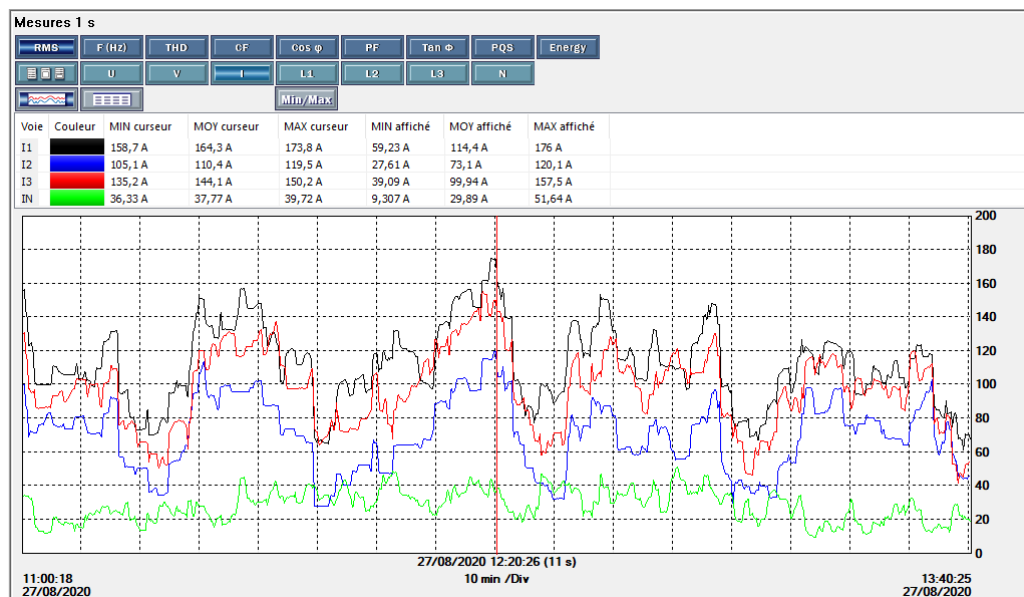


Figure 43: L'évolution des courants du Disjoncteur LKA 203 HVAC MCC

Les valeurs moyennes des courants en ligne L1 L2 et L3 sont respectivement de 114,4 A ; 73,1 A et 99,94 A.

Les valeurs minimales des courants en ligne L1 L2 et L3 sont respectivement de 59,23 A ; 27,61 A et 39,09 A.

Les valeurs maximales des courants en ligne L1 L2 et L3 sont respectivement de 176 A ; 120,1 A et 157,5 A.

○ Tensions composées

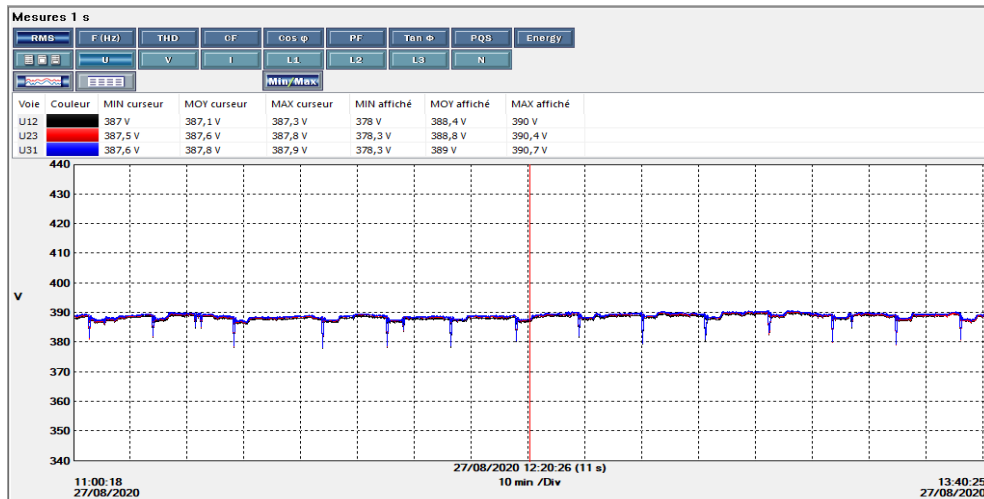


Figure 44: l'évolution des tensions composées du Disjoncteur LKA 203 HVAC MCC

Les valeurs moyennes des tensions U1, U2 et U3 sont respectivement de 388,4 V ; 388,8 V et 389 V.

Les valeurs minimales des tensions U1, U2 et U3 sont respectivement de 378 V ; 378,3 V et 378,3 V.

Les valeurs maximales des tensions U1, U2 et U3 sont respectivement de 390 V ; 390,4 V et 390,7 V.

○ Puissance active

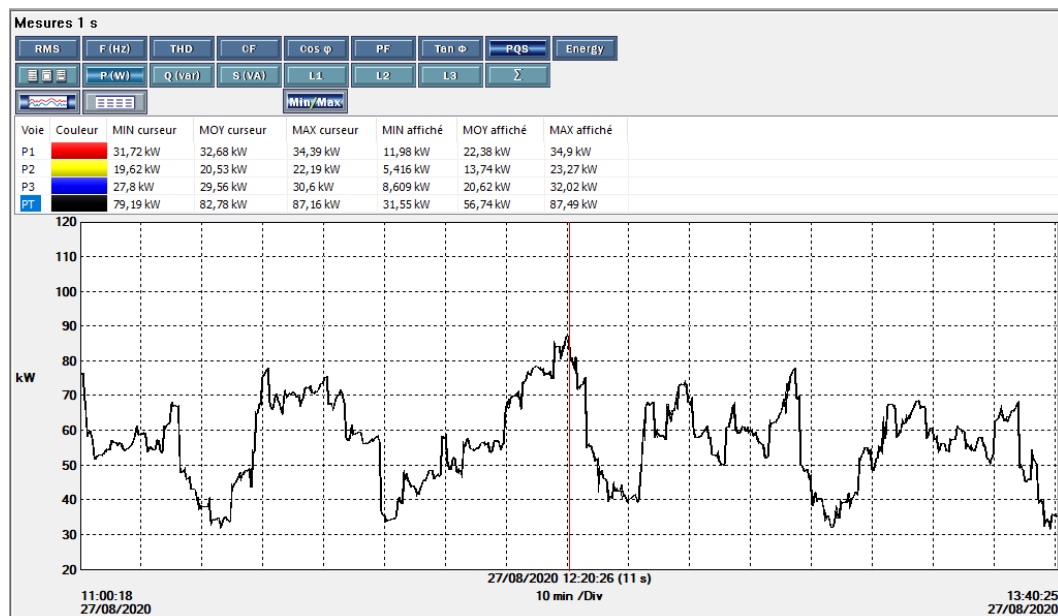


Figure 45: l'évolution de la puissance active du Disjoncteur LKA 203 HVAC MCC

La puissance active moyenne est de 56,74 kW

La puissance minimale est de 31,55 kW

La puissance maximale est de 87,49 kW

B) Mesure de la température

Les mesures de température ont été faites dans les bureaux et locaux:

✦ CCM TAG 9

- Courbe de température et d'hygrométrie du 02/09/2020 de 14h à 23h30

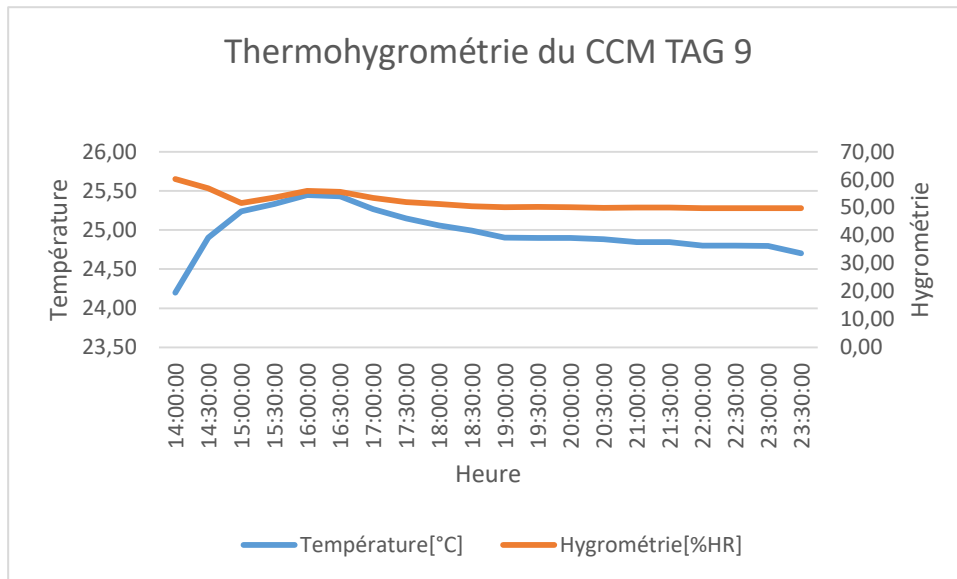


Figure 46: Courbe Thermo hygrométrie du CCM TAG 09

Les moyennes de température et d'humidité relative sont respectivement 24,97°C et 52,1% HR.

C) Mesure éclairement

Les mesures d'éclairement ont été faites dans les bureaux :

● Local CCM TAG 08



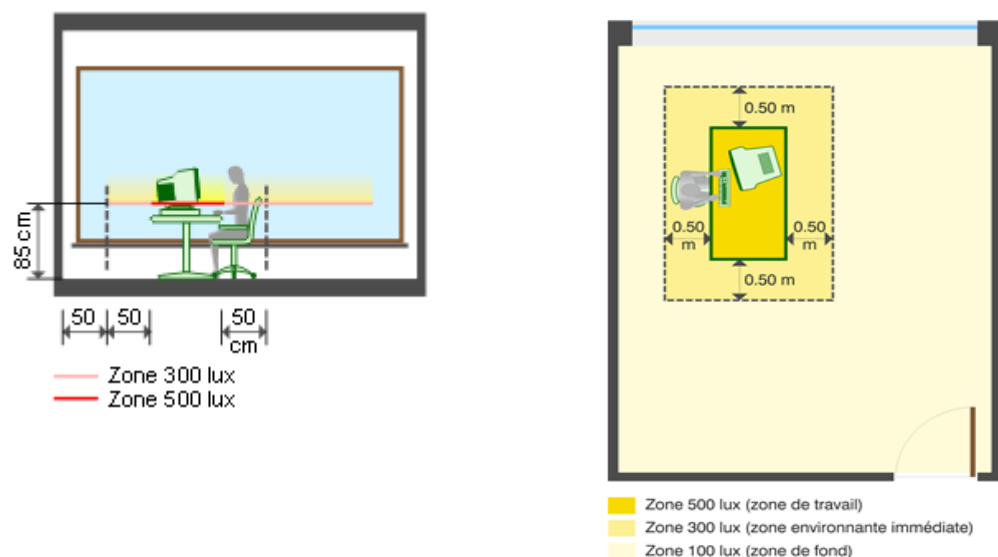
Figure 47: Local CCM TAG 8

Tableau 13: Mesures de l'éclairément 2

Date	Heure	Hauteur de mesure (m)	Mesure d'éclairément		
			Valeur Min (lux)	Valeur Moy (lux)	Valeur Max (lux)
03/09/2020	10h15	0.8	201	283	307

Nous avons un éclairément acceptable, mais en dessous de la norme (Surface de travail = 500lux)

NB : Exemple de niveaux d'éclairément à maintenir au niveau de la zone d'activité et au niveau des environnantes, bâtiments non domestiques (normes européennes)



Type d'activité	Éclairément conseillé	Éclairément des zones environnantes à la zone d'activité	Différence max.
Écriture	500 lux	300 lux	200 lux
Dessin industriel	750 lux	500 lux	250 lux
Salle de réunion	500 lux	300 lux	200 lux
Réception	300 lux	200 lux	100 lux
Archives	200 lux	200 lux	0
Classement	300 lux	200 lux	100 lux

Source: Sonepar (sans date).

Figure 48: Notion sur l'éclairément

D) Thermog

Figure 49: Thermographe des disjoncteurs MoteursFigure 50: Notion sur l'éclairément

Dans l'ensemble, nous n'avons vraiment pas trouve de point chaud pouvant nous interpeler. Les images suivantes en témoignent :



Figure 51: Thermographie des disjoncteurs Moteurs



Annexe 15:Facteur des émissions 2016

Figure 52: Thermographie des disjoncteurs Moteurs



Référentiel des facteurs d'émissions 2016 Programme Objectif CO₂



Les facteurs d'émissions utilisés dans l'outil de calcul Objectif CO₂ sont en CO₂ équivalent (CO₂e). Ils prennent en compte d'autres gaz à effet de serre que le CO₂ comme le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O), les hydrofluorocarbones (HFC), les plus courants dans le secteur du transport. Ils prennent également en compte les émissions lors des phases amont et de combustion de l'énergie considérée.

ENERGIE	UNITE	VALEUR	SOURCE	DESCRIPTION
Essence à la pompe (SP 95-SP 98) (litre)	kgCO ₂ e/litre	2,79	Base carbone	Facteur d'émission combustion + amont
Electricité	kgCO ₂ e/KWh	0,048	Base carbone (usage transport 2014)	Facteur d'émission combustion + amont
Fuel lourd	kgCO ₂ e/tonne	3 640	Base carbone	Facteur d'émission combustion + amont
Gazole Routier à la pompe (litre)	kgCO ₂ e/litre	3,17	Base carbone	Facteur d'émission combustion + amont
Gazole Non Routier (tonne)	kgCO ₂ e/tonne	3 750	Base carbone	Facteur d'émission combustion + amont
Gazole Non Routier (litre)	kgCO ₂ e/litre	3,17	Base carbone	Facteur d'émission combustion + amont
Gazole B30 (mélange 30% diester/70% gazole)	kgCO ₂ e/litre	2,85	Base carbone	Facteur d'émission combustion + amont
Gaz de pétrole liquéfié - GPL (tonne)	kgCO ₂ e/tonne	3 450	Base Carbone	Facteur d'émission combustion + amont
Gaz de pétrole liquéfié - GPL (litre)	kgCO ₂ e/litre	1,86	Base carbone	Facteur d'émission combustion + amont
GNC (Gaz Naturel Comprimé) (kg)	kgCO ₂ e/kg	3,48	Base carbone	Facteur d'émission combustion + amont
BioGNC (Bio Gaz Naturel Comprimé) (kg)	kgCO ₂ e/kg	0,82	Base carbone	Facteur d'émission combustion + amont
GNL (Gaz Naturel Liquéfié) (kg)	kgCO ₂ e/kg	3,51	Base carbone	Facteur d'émission combustion + amont
Kérosène (Jet A1 ou Jet A) (tonne)	kgCO ₂ e/tonne	3 830	Base Carbone	Facteur d'émission combustion + amont
Kérosène (Jet A1 ou Jet A) (litre)	kgCO ₂ e/litre	3,05	Base carbone	Facteur d'émission combustion + amont

Ce document est disponible sur : <http://www.objectifco2.fr/index/documents>