



# AUDIT ENERGETIQUE DE LA TOUR C DE LA CITE ADMINISTRATIVE DU PLATEAU

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

-----  
Présenté et soutenu publiquement le 21 janvier 2025 par

**SALE Thimoté Guy Jordy (20210834)**

**Encadrant 2iE** : Dr Daniel YAMEGUEU, Maître de Conférences Génie Energétique à l'Institut 2iE.

**Maître de stage** : Ing. Marcel ETEKOU, Responsable du bureau d'études et exécution.

**Structure d'accueil du stage : INSTAFRIC-ELEC**

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Marie SAWADOGO

Membres et correcteurs : Dr. Moussa SORO

Dr. Sayon SIDIBE

**Promotion [2024/2025]**

## DEDICACE

*Je dédie ce mémoire à Dieu, Tout-Puissant, pour Ses bienfaits innombrables, Sa guidance et Sa miséricorde infinie. C'est par Sa volonté et Sa bénédiction que j'ai pu surmonter les défis et arriver à accomplir ce travail.*

*Je tiens également à dédier ce travail à mes parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien constant et leurs sacrifices. Leur présence à mes côtés a été une source d'inspiration et de force tout au long de mon parcours.*

*À mes amis, pour leurs encouragements, leur compréhension et leur complicité, qui m'ont permis de surmonter les moments de doute et de fatigue.*

*À mes professeurs et encadrants, pour leurs conseils avisés, leur patience et leur bienveillance, sans lesquels ce travail n'aurait pas vu le jour.*

*Enfin, à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce projet, je vous exprime ma gratitude la plus sincère.*

## CITATION

*"L'efficacité énergétique est la première source  
d'énergie non exploitée.*

*L'énergie la moins chère est celle que l'on ne  
consomme pas."*

— *Amory Lovins*, physicien et expert en énergie

# REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de mon stage et à la rédaction de ce mémoire.

Tout d'abord, je remercie vivement mon maître de stage, **Monsieur ETEKOU Marcel, Responsable Bureau d'étude** pour m'avoir offert l'opportunité de réaliser mon stage au sein d'**Instafriec Elec**. Sa disponibilité, ses conseils avisés et son expertise m'ont permis de m'immerger pleinement dans le projet de réhabilitation de la Tour C. Grâce à lui, j'ai pu approfondir mes connaissances dans le domaine de l'efficacité énergétique, et plus particulièrement dans la gestion du courant fort. Son accompagnement m'a permis de mieux comprendre les enjeux de ce projet ambitieux et d'apporter ma contribution à l'audit énergétique de la tour. Je lui adresse mes plus sincères remerciements pour sa patience et son soutien tout au long de mon stage.

Je tiens également à remercier **Monsieur YAMEGUEU Daniel**, mon encadrant pédagogique, **Enseignant chercheur en génie énergétique et maitre de conférences** pour son accompagnement constant et ses précieux conseils. Ses remarques pertinentes et son suivi régulier ont été d'une grande aide pour la réalisation de ce travail. Grâce à lui, j'ai su orienter mes efforts de manière structurée et efficace, tout en respectant les exigences académiques de mon établissement.

Je n'oublie pas de remercier l'ensemble du **corps professoral de 2IE**, dont l'expertise et l'enseignement m'ont permis d'acquérir des bases solides en ingénierie et en gestion de l'énergie. Leur pédagogie et leur soutien tout au long de mon parcours ont été essentiels pour mener à bien ce stage et ce mémoire.

Enfin, je souhaite exprimer ma gratitude à toutes les personnes qui m'ont soutenu et encouragé durant cette expérience, et qui ont contribué, chacune à leur manière, à ma réussite personnelle et professionnelle.

# RESUME

Le projet de réhabilitation de la Tour C du Plateau a été lancé avec pour objectif principal de réaliser des économies d'énergie, car le bâtiment était surdimensionné dès sa construction. En tant qu'IGH, la tour abrite plusieurs équipements énergivores tels que l'éclairage, les prises, la climatisation et d'autres systèmes motorisés, générant une consommation excessive d'électricité. Instafic Elec a été mandatée pour les travaux de réhabilitation du courant fort, dans le but d'optimiser l'efficacité énergétique du bâtiment. C'est dans ce cadre que l'entreprise m'a attribué mon thème de stage sur l'audit énergétique de la tour. L'audit énergétique a été effectué pour analyser les factures d'électricité, identifier les sources de gaspillage et collecter des données sur la consommation des équipements. En parallèle, nous avons étudié le volet environnemental du projet. À travers l'optimisation de l'énergie dans la tour, nous avons pu non seulement réduire la consommation d'énergie de **31 562,52 kWh/jour** à **18 568,92 kWh/jour** mais également diminuer de manière significative les émissions de CO<sub>2</sub> de **5681,25 t/an** à **3342,41 t/an**, contribuant ainsi à l'atteinte des objectifs environnementaux. Sur la base de l'audit, des solutions concrètes ont été proposées pour réduire la consommation énergétique, soit une économie d'énergie annuelle de **4 677 696 kWh** et une économie annuelle financière de **829 948 464 FCFA** incluant toutes les solutions.

## Mots Clés :

---

- 1 – Tour C
- 2 – Efficacité énergétique
- 3 – Audit énergétique
- 4 – Consommation excessive
- 5 – Factures d'électricité

# ABSTRACT

The rehabilitation Project for the Plateau Tower was launched with the main goal of achieving energy savings, as the building was oversized from the outset. As a high-rise building (IGH), the tower houses several energy-intensive systems such as lighting, outlets, air conditioning, and other motorized systems, resulting in excessive electricity consumption. Instafriic Elec was entrusted with the rehabilitation work for the high-voltage systems, aiming to optimize the building's energy efficiency. In this context, the company assigned me the topic of my internship, which was the energy audit of the tower. The energy audit was conducted to analyze electricity bills, identify sources of waste, and gather data on the consumption of equipment. In parallel, we also examined the environmental aspect of the project. Through energy optimization in the tower, we were able to reduce energy consumption from **31,562.52 kWh/day** to **18,568.92 kWh/day** and significantly decrease CO2 emissions from **5,681.25 tons/year** to **3,342.41 tons/year**, thus contributing to achieving environmental goals. Based on the audit, concrete solutions were proposed to reduce energy consumption, resulting in an annual energy savings of **4,677,696 kWh** and an annual financial savings of **829,948,464 FCFA**, including all the solutions.

**Key words:**

---

- 1 – Tour C**
- 2 – Energy efficiency**
- 3 – Energy audit**
- 4 – Excessive consumption**
- 5 – Electricity Bills**

# LISTE DES ABREVIATIONS

**2IE** : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

**IGH** : immeuble de grande hauteur

**TGBT** : Tableau Général Basse Tension

**TGS** : Tableau Général secours

**CIE** : Compagnie Ivoirienne d'électricité

**GTB** : Gestion Technique du Bâtiment

**TDN** : Tableau Divisionnaire Normal

**MT** : Moyenne Tension

**GES** : Gaz à Effet de Serre

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de Carbone

**VAN** : Valeur Actuelle Nette

**TRI** : Temps de Retour sur Investissement

## Table des matières

<b>INTRODUCTION</b> .....	13
<b>I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE</b> ...	15
<b>A. Structure d'accueil (INSTAFRIC-ELEC)</b> .....	15
1. Historique.....	15
2. Domaine d'intervention .....	15
3. Politique qualité.....	15
<b>B. Directions et services</b> .....	16
<b>C. Zone d'étude</b> .....	18
1. Localisation du site.....	18
2. Présentation et description du site .....	19
<b>II. PRESENTATION DU PROJET</b> .....	20
<b>A. Contexte</b> .....	20
<b>B. Problématique</b> .....	22
<b>C. Objectifs</b> .....	22
<b>III. ETAT DES LIEUX DE L'EXISTANT (première partie du thème)</b> .....	22
<b>A. Présentation de l'immeuble</b> .....	26
<b>B. Synoptique de l'alimentation électrique de la tour C</b> .....	27
<b>C. Configuration électrique de la Tour C</b> .....	29
<b>D. Fonctionnement de la Tour C</b> .....	29
<b>E. Hypothèse de calcul de l'économie d'énergie</b> .....	30
<b>F. Audit sur l'éclairage</b> .....	31
<b>G. Audit sur la climatisation</b> .....	34
<b>H. Prises</b> .....	35
<b>I. Autres équipements</b> .....	36
<b>J. Bilan total de l'existant et répartition des équipements en fonction de leur consommation</b> .....	36
<b>K. Synthèse de l'existant</b> .....	37
<b>IV. METHODOLOGIE ADOPTEE</b> .....	22
<b>A. Normes utilisées</b> .....	22
<b>B. Outils et logiciels utilisés</b> .....	24
<b>C. Diagnostic</b> .....	Erreur ! Signet non défini.
<b>V. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE</b> .....	37
<b>A. CAS 1 : optimisation de la consommation énergétique par la gestion de l'éclairage</b> .....	37

<b>B. CAS 2 : optimisation de la consommation énergétique par l'installation d'un isolant sur les parois</b> .....	39
1. Importance de l'isolation.....	40
2. Présentation des isolants pour les calculs d'isolation.....	41
3. Données de base pour le calcul des charges thermiques du bâtiment .....	42
4. Mois de base.....	43
5. Condition intérieure de base.....	43
6. Condition extérieure de base .....	43
7. Méthode de calcul des charges thermiques en considérant un isolant sur les parois.....	44
8. Résultat du calcul des charges thermiques du bâtiment .....	46
9. Gain d'énergie réalisé.....	48
<b>C. CAS 3 : sensibilisation sur les bonnes pratiques pour des gains thermiques au personnel</b>	49
1. Au niveau de la climatisation .....	49
2. Au niveau de la bureautique, l'électroménager et les multimédias.....	50
3. Proposition technique pour l'éclairage.....	50
<b>D. CAS 4 : utilisation d'un système intelligent pour l'efficacité énergétique (GTB) et (GTC)</b>	54
1. Composants de base d'une GTB .....	54
2. Schéma de principe général de la GTB .....	55
3. Synoptique de la GTB considérée pour la TOUR C .....	56
4. Proposition d'un mini programme GTB pour la tour C .....	57
5. Synoptique de l'installation proposée .....	61
6. Gain d'énergie réalisé avec la GTB.....	61
<b>E. CAS 5 : utilisation des batteries de condensateurs</b> .....	62
<b>VI. ETUDE DE FAISABILITE FINANCIERE</b> .....	65
<b>A. Généralités sur la facturation HTA</b> .....	65
1. Les éléments essentiels de la facture HTA.....	65
2. Politique tarifaire.....	65
3. Tranches horaires de facturation .....	66
4. Tarifs en moyenne tension.....	67
5. Résultats des précédentes études.....	67
<b>B. Analyse de l'historique de la consommation énergétique</b> .....	70
<b>C. Méthode d'évaluation économique pour le choix entre solutions</b> .....	71
1. Valeur actualisée nette.....	71
2. Temps de retour sur investissement .....	73
<b>D. Investissement et évaluation des impact des solutions</b> .....	73

1. CAS 1 : Remplacement des lampes fluorescents par des LED .....	73
2. CAS 2 : Ajout d'un isolant sur les parois de l'IGH.....	74
3. CAS 3 : utilisation d'un système intelligent GTB.....	75
4. CAS 4 : utilisation des batteries de condensateurs.....	76
<b>VII. NOTICE OU ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE ET SOCIAL .Erreur ! Signet non défini.</b>	
<b>VIII. CONCLUSION.....</b>	<b>81</b>
<b>IX. RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>82</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>1</b>

# LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: OUTILS ET LOGICIELS UTILISÉS.....	24
TABLEAU 2: DONNÉES PRISES AU NIVEAU DE LA TOUR C.....	26
TABLEAU 3: CONFIGURATION ÉLECTRIQUE TOUR C.....	29
TABLEAU 4: BILAN DE PUISSANCE LUMINAIRES INSTALLÉS.....	32
TABLEAU 5: PUISSANCE TOTAL GROUPE FROID.....	34
TABLEAU 6: PUISSANCE TOTAL PRISES RDC.....	35
TABLEAU 7: PUISSANCE ÉQUIPEMENT RACCORDÉ AU TGS.....	36
TABLEAU 8: BILAN DE PUISSANCE TOTAL.....	37
TABLEAU 9: BILAN TOTAL DES LUMINAIRES LED CHOISI.....	38
TABLEAU 10: MOIS DE BASE (MOIS LE PLUS CHAUD).....	43
TABLEAU 11: ZONE DE CONFORT THERMIQUE.....	43
TABLEAU 12: CONDITIONS DE BASE EXTÉRIEURE.....	44
TABLEAU 13: VALEURS DES COEFFICIENTS GLOBAUX DE TRANSMISSIONS AVEC ISOLANT.....	45
TABLEAU 14: PRIX DES ISOLANTS ET COEFFICIENTS DE CONDUCTIVITÉ.....	46
TABLEAU 15: DONNÉES DE BASE CALCUL DES CHARGES THERMIQUES.....	46
TABLEAU 16: DONNÉES CLIMATIQUES.....	46
TABLEAU 17: DONNÉES CLIMATIQUES.....	47
TABLEAU 18: DONNÉES DE DÉPART.....	47
TABLEAU 19: RÉSULTATS APRÈS ISOLATION.....	48
TABLEAU 20: GAIN D'ÉNERGIES RÉALISÉS AVEC ISOLATION DANS LES DEUX CAS.....	48
TABLEAU 21: RÉSULTATS GAINS D'ÉNERGIES RÉALISÉ AVEC LA GTB CONÇU.....	62
TABLEAU 22: RÉSULTATS COMPENSATION ÉNERGIE RÉACTIVE.....	63
TABLEAU 23: TABLEAU ILLUSTRANT LES TRANCHES HORAIRES AINSI QUE LES TYPES D'UTILISATIONS.....	66
TABLEAU 24: TARIFICATION MT EN COTE D'IVOIRE (CIE).....	67
TABLEAU 25: RESULTATS SCENARIO 1.....	74
TABLEAU 26: RESULTATS SCENARIO 2 CAS DU POLYSTYRENE.....	74
TABLEAU 27: RESULTATS SCENARIO 2 CAS DE LA LAINE DE VERRE.....	75
TABLEAU 28: ESTIMATION FINANCIERE DES APPAREILS CONSTITUTIFS DE LA GTB.....	75
TABLEAU 29: RESULTATS GAINS D'ÉNERGIES REALISEES AVEC LA GTB CONCUE.....	76
TABLEAU 30: RESULTATS SCENARIO 4.....	67
TABLEAU 31 QUANTITE TOTALE D'EMISSION DE CO2 DE L'EXISTANT:.....	79
TABLEAU 32: QUANTITE TOTALE D'EMISSION DE CO2 DE L'OPTIMISATION.....	80

# LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: ORGANIGRAMME INSTAFRIC ELEC .....	18
FIGURE 2: PRÉSENTATION DU SITE EN VUE DE DESSUS.....	20
FIGURE 3: VUE RÉELLE DE LA TOUR C .....	20
FIGURE 4: ALIMENTATION ÉLECTRIQUE TOUR C.....	27
FIGURE 5: SUITE ALIMENTATION DES TDN DEPUIS LE TGBT .....	28
FIGURE 6: APERÇU DES DIFFÉRENTS NIVEAUX EN ÉCLAIRAGE .....	33
FIGURE 7: REPARTITION DES CHARGES DES LUMINAIRES DANS L'IMMEUBLE EN FONCTION DE LEUR TYPE .....	33
FIGURE 8: REPARTITION DES CHARGES DES DIFFÉRENTS ÉQUIPEMENTS DANS LA TOUR.....	37
FIGURE 9: PERTES RENCONTRÉS SUR UN BÂTIMENT NON ISOLÉ.....	41
FIGURE 10: LAINE DE VERRE .....	42
FIGURE 11: POLYSTYRÈNE .....	42
FIGURE 12: APPLICATION DE L'ISOLATION SUR UN MUR .....	44
FIGURE 13: CONFIGURATION DES PAROIS EXTÉRIEURES DE LA TOUR C.....	45
FIGURE 14: ORIENTATION DU BÂTIMENT .....	47
FIGURE 15: ACTIONS À EFFECTUER POUR DES GAINS D'ÉNERGIES .....	49
FIGURE 16: ACTIONS À EFFECTUER POUR DES GAINS D'ÉNERGIES .....	50
FIGURE 17: GRILLE ÉNERGÉTIQUE .....	50
FIGURE 18: ACTIONS À EFFECTUER POUR DES GAINS D'ÉNERGIES .....	51
FIGURE 19: DÉTECTEUR DE PRÉSENCE.....	52
FIGURE 20: CAPTEUR DE LUMIÈRE .....	53
FIGURE 21: INTERRUPTEUR HORAIRE .....	54
FIGURE 22: SCHÉMA DESCRIPTIF DES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DE LA GTB.....	55
FIGURE 23: SYNOPTIQUE DE LA GTB CONSIDÉRÉE POUR LA TOUR C.....	56
FIGURE 24: FONCTIONNEMENT EN COMMANDE MANUEL APRÈS 19H .....	59
FIGURE 25: SIMULATION DU MINI PROGRAMME AVANT 19H.....	59
FIGURE 26: SIMULATION DU PROGRAMME POUR UN JOUR NON OUVRABLE .....	60
FIGURE 27: COUPURE DU MINI PROGRAMME À 19H .....	60
FIGURE 28: SYNOPTIQUE DU MINI PROGRAMME POUR LA GTB PROPOSÉ .....	61
FIGURE 29: EMPLACEMENT DES DIFFÉRENTS ÉQUIPEMENTS SUR LA TOITURE .....	64
FIGURE 30: COMPARAISON CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE LUMINAIRE EXISTANT PAR RAPPORT AUX NOUVEAUX LUMINAIRES .....	68
FIGURE 31: COMPARAISON ENTRE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE AVEC ISOLATION ET DE L'EXISTANT.....	69
FIGURE 32: COMPARAISON ENTRE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DE LA CLIM DE L'OPTIMISATION ET DE L'EXISTANT .....	70
FIGURE 33: ÉVALUATION FACTURE ÉLECTRICITÉ DE 2022 .....	70
FIGURE 34: ÉVALUATION FACTURE ÉLECTRICITÉ SI TOUS LES ÉQUIPEMENTS FONCTIONNENT.....	71
FIGURE 35: GAINS FINANCIERS AVEC LES DIFFÉRENTES SOLUTIONS TECHNIQUES PROPOSÉES .....	77
FIGURE 36: ÉMISSION DE CO2 ANNUELLE EN (T) DE L'EXISTANT ET DE L'OPTIMISATION.....	80

### INTRODUCTION

Dans un monde où la gestion de l'énergie devient un impératif, tant pour des raisons économiques qu'environnementales, l'audit énergétique des bâtiments représente une démarche incontournable. L'audit énergétique désigne une évaluation systématique de la consommation d'énergie d'un bâtiment, visant à identifier les inefficacités et à proposer des solutions pour améliorer l'efficacité énergétique tout en réduisant l'empreinte écologique et les coûts associés. Cette analyse englobe la vérification des équipements et des systèmes énergétiques du bâtiment, l'étude des comportements des occupants et l'examen des sources de gaspillage d'énergie.

L'objectif est de proposer des actions concrètes pour réduire la consommation énergétique tout en maintenant un niveau de confort optimal et en respectant les exigences économiques et environnementales du bâtiment. Les bâtiments, en particulier ceux de grande taille et à forte activité, comme les tours de bureaux, constituent des consommateurs majeurs d'énergie. La gestion inefficace de cette énergie peut entraîner des coûts élevés et une empreinte écologique importante. Un audit énergétique permet ainsi de réaliser un diagnostic approfondi de la consommation d'énergie d'un bâtiment afin de proposer des solutions visant à améliorer son efficacité énergétique. Ce type d'audit permet d'identifier les équipements énergivores, d'évaluer la performance des installations existantes, de proposer des alternatives énergétiques et d'étudier les économies réalisables.

L'audit énergétique peut être de plusieurs types, selon l'objectif et la profondeur de l'analyse. Il peut s'agir d'un audit rapide avec visite sur site, de l'analyse des coûts énergétiques, d'un audit énergétique standard ou d'un audit énergétique détaillée (Source : Guide Tech Audit-Ext, 2016). C'est dans ce contexte que la Tour C étant actuellement en réhabilitation, qui est un immeuble constitué de 27 niveaux, dont 2 sous-sols, une mezzanine, un rez-de-chaussée, 17 étages administratifs et 5 étages ministériels, se trouve confrontée à des défis importants en matière de consommation énergétique. Ce bâtiment, avec ses systèmes de ventilation, de climatisation et d'éclairage, génère une consommation énergétique significative qui peut parfois être difficile à maîtriser sans une analyse détaillée. La problématique de cet audit énergétique est donc de répondre à la question suivante :

Comment optimiser la consommation énergétique de la Tour C, réduire les gaspillages et, en parallèle, maintenir un niveau de confort optimal pour les occupants, tout en respectant les exigences environnementales et économiques du bâtiment ?

L'objectif principal de cet audit est d'analyser en profondeur les différents systèmes énergétiques de la Tour C, de quantifier leur consommation et d'identifier les sources de gaspillage d'énergie. Cette analyse permettra de proposer des solutions concrètes et réalistes pour améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment. Parmi ces objectifs spécifiques, il s'agira notamment d'identifier les équipements énergivores tels que les systèmes de climatisation, les éclairages, les ascenseurs, etc., analyser le rendement des systèmes existants et leur impact sur la consommation énergétique globale, formuler des recommandations d'optimisation pour réduire la consommation tout en garantissant une performance optimale des installations, et proposer des stratégies de gestion de l'énergie en tenant compte des évolutions possibles des usages dans le bâtiment.

Pour ce faire, l'audit sera structuré en plusieurs étapes. La première étape consistera en une analyse de la consommation énergétique actuelle de la Tour C. Cette analyse s'appuiera sur les données de facturation, les relevés de consommation et les observations sur place, ainsi qu'au diagnostic des systèmes énergétiques du bâtiment, qui inclura une évaluation des installations de ventilation, de climatisation et de l'éclairage. Ensuite, la prochaine étape de l'audit consistera à proposer des solutions techniques visant à optimiser la gestion énergétique du bâtiment. Enfin, la dernière étape consistera à faire une évaluation financière des solutions préconisées. Dans la dernière partie, nous aborderons également le volet environnemental, notamment les émissions de dioxyde de carbone du bâtiment. Ce rapport proposera des actions à court, moyen et long terme, telles que l'installation de dispositifs plus performants, la mise en place de régulations automatiques, ou encore la modification des comportements des occupants en matière de consommation.

## I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

Cette section s'articule autour de plusieurs aspects clés : l'historique de l'entreprise, ses domaines d'intervention, sa démarche qualité, ainsi que son organigramme détaillant la direction et les services associés.

### A. Structure d'accueil (INSTAFRIC-ELEC)

#### 1. Historique

Créée en 1979, la société **INSTAFRIC-ELEC** est une **SARL** (Société A Responsabilité Limités) au capital social de 8.000.000 FCFA. Elle débute ses activités dans le domaine de l'électricité rurale et de la maintenance BTP des immeubles, usines, avec son premier siège à **COCODY-ANGRE**. Depuis 1994, l'entreprise a établi son nouveau siège à Koumassi, Boulevard du Cameroun, où elle est restée implantée jusqu'à ce jour. Ses premiers clients : Air-Afrique ; TRANSAFRIC (aujourd'hui devenue BOLLORE AFRICA LOGISTIC) ; SICOGL. Elle a également effectués des travaux au TOGO, au BENIN, au MALI, au SENEGAL, etc.

#### 2. Domaine d'intervention

Installation réseau électrique basse tension, industriel et équipement :

##### COURANT FORT : BT

- Groupe électrogène
- Onduleur
- Régulateur de tension
- Source centralisée
- Paratonnerre
- Thermographie

##### COURANT FAIBLE

- Câblage réseau informatique et téléphonique
- Autocommutateur
- Sonorisation
- Vidéo surveillance
- Alarme intrusion
- Data center

##### ECLAIRAGE PUBLIC

##### DEPANNAGE ELECTRIQUE

#### 3. Politique qualité

**INSTAFRIC-ELEC** a obtenu la certification **ISO 9001 2015** par le **Bureau Veritas**, certificat qui assure sa qualité de service et d'innovation.

#### ❖ OBJECTIF

**INSTAFRIC-ELEC** est une entreprise moderne et fiable, spécialisé dans l'électricité courant fort, courant faible, éclairage public et aussi dans la thermographie. Dans ce secteur d'activité en pleine évolution avec des défis majeurs elle a pour ambition d'être classée leader des installateurs électriques en Côte d'Ivoire dans les cinq (5) années à venir, elle se distingue par **la qualité de ses prestations, la réactivité, l'orientation client, la diversification de ses activités opérationnelles et la promotion du développement durable.**

### ❖ **ENGAGEMENT**

En vue d'atteindre les objectifs fixés, le Directeur Général s'est engagé à :

- ✓ **Satisfaire aux exigences des parties intéressées pertinentes ainsi que les exigences légales et réglementaires.**
- ✓ **Fournir les ressources indispensables afin de consolider les principaux axes stratégiques du système de management de la qualité qui sont :**
  - ▶ Satisfaire au minimum **80%** nos parties intéressées pertinentes.
  - ▶ Réaliser les études et installations électriques conformes dans les délais.
  - ▶ Acquérir **5%** du chiffre d'affaires annuel via les contrats de maintenance et domotique.
  - ▶ Développer la compétence du personnel.

**Ces axes sont le socle de la démarche de management de la qualité et seront institués en objectifs opérationnels mesurables.**

Ces objectifs seront ajustés si nécessaire lors d'une revue de direction, afin de garantir l'efficacité et la pertinence continue du Système de Management de la Qualité. Par ailleurs, l'ensemble de l'équipe dirigeante s'est pleinement engagée à promouvoir cette politique qualité au quotidien, en contribuant activement à l'amélioration continue et à la satisfaction des parties intéressées et concernées.

## **B. Directions et services**

### *a) Direction générale*

Elle est gérée par Monsieur BEKOU Gontran avec son **Adjoint**, Monsieur BEKOU Gatien. Elle a pour mission principale de définir les objectifs principaux qui permettront à l'entreprise

de connaître une croissance réelle, et de renforcer son image et sa position sur le marché. Sa mission l'amène à conduire une politique générale à court, moyen et long terme. Elle est chargée de la supervision du contrôle et de l'anticipation de toutes activités. C'est donc à elle que revient la tâche de coordonner les activités des autres directions.

### *b) La Direction Administrative et financière*

Elle est dirigée par Madame ZIAO. Elle est constituée d'un **Conseiller Juridique**, du **service Ressources Humaines et Qualité**, du **Service Comptabilité** et du **Service Informatique**. Elle a pour mission de traiter tous les documents ayant un caractère administratif financier ou comptable. Elle a en charge d'élaborer le budget annuel, d'analyser, de contrôler et de suivre toutes les opérations budgétaires.

### *c) Direction des Opérations*

Elle est sous la responsabilité de Monsieur BEKOU Brice. Elle est constituée du **service Achat et stocks**, du **Service Commercial** et du Service Dépannage.

Elle assure la synthèse de la fonction commerciale au sens large du terme, dans le but de réaliser des objectifs de vente et de rentabilité déterminé par la direction générale. Elle participe au choix des axes de développement et de stratégie commerciale de la société pour :

- ✓ Améliorer les résultats financiers c'est-à-dire la politique qu'il applique au sein de l'entreprise et qui a pour but d'améliorer à la fois le chiffre d'affaires et bénéfices.
- ✓ Il est chargé de motiver les commerciaux et de coordonner les forces en présence pour améliorer leurs résultats
- ✓ Il observe de près le service après-vente et veille à la satisfaction des clients.
- ✓ Gérer le stock
- ✓ Passer les différentes commandes
- ✓ S'assurer que tous les chantiers sont servis en matériels.

### *d) Direction Technique*

Elle est dirigée par Monsieur KOUAKOU Léon et est divisée en deux branches :

- **La branche technique** qui est gérée par un responsable technique sous son autorité le Chef Projets, le chef chantier et les électriciens.

- La branche Bureau d'Etude qui est gérée par un responsable, sous son autorité le tableautier et les projecteurs.

**Présentation de l'organigramme**

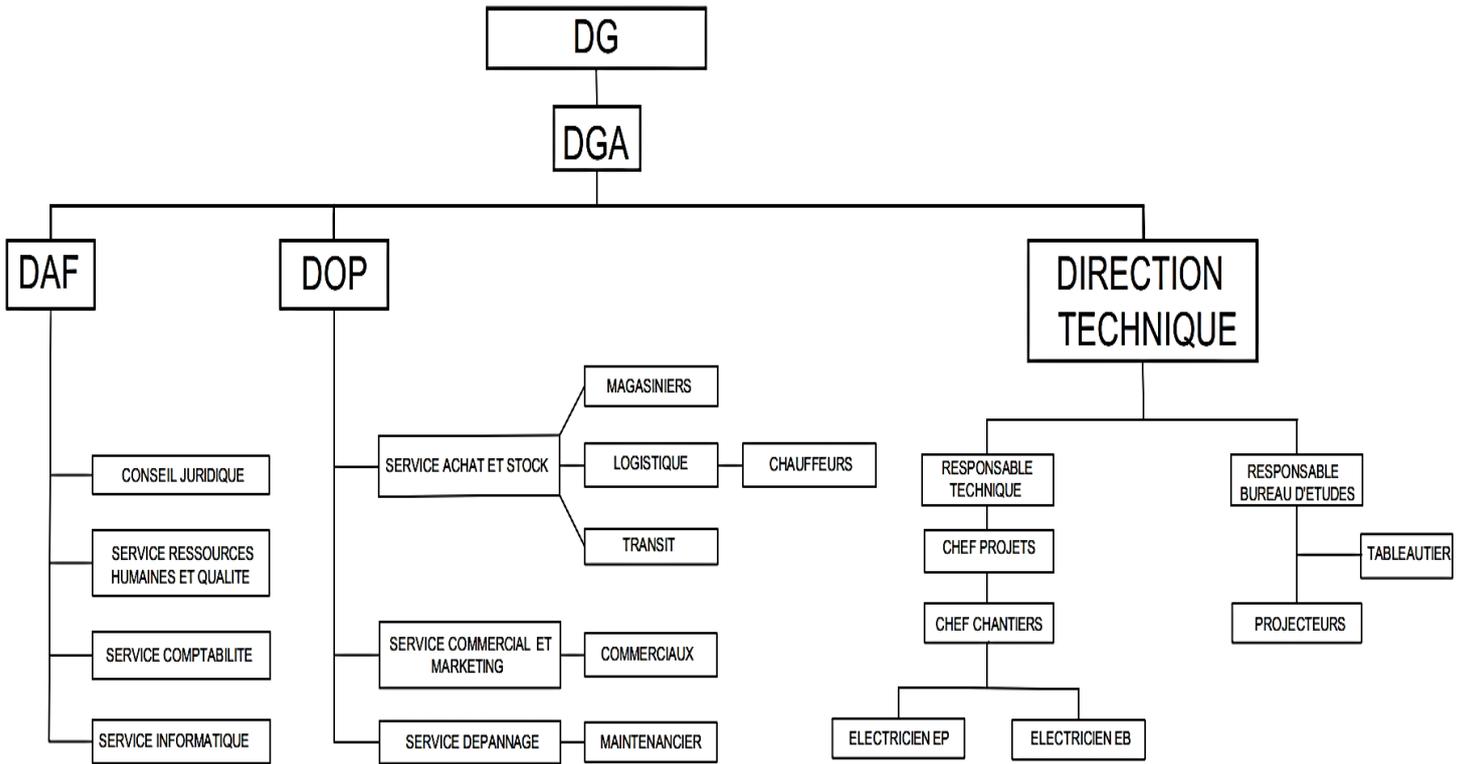


Figure 1: Organigramme instafric elec

**C. Zone d'étude**

**1. Localisation du site**

Le plateau, commune d'Abidjan est le centre des affaires d'Abidjan, situé sur la lagune Ebrié, une grande lagune côtière qui traverse la ville. Elle est située sur une presqu'île entre la lagune Ebrié et le fleuve Comoé. C'est dans cette commune que la tour C cité administrative du plateau est localisée. Elle est située sur l'avenue Shra dans la commune du plateau à proximité de nombreux immeubles de bureaux et d'institutions financières et à environ 1 km du palais présidentiel ainsi qu'à 2 km de l'hôtel ivoire. La figure 2 montre la situation géographique de la Tour C.

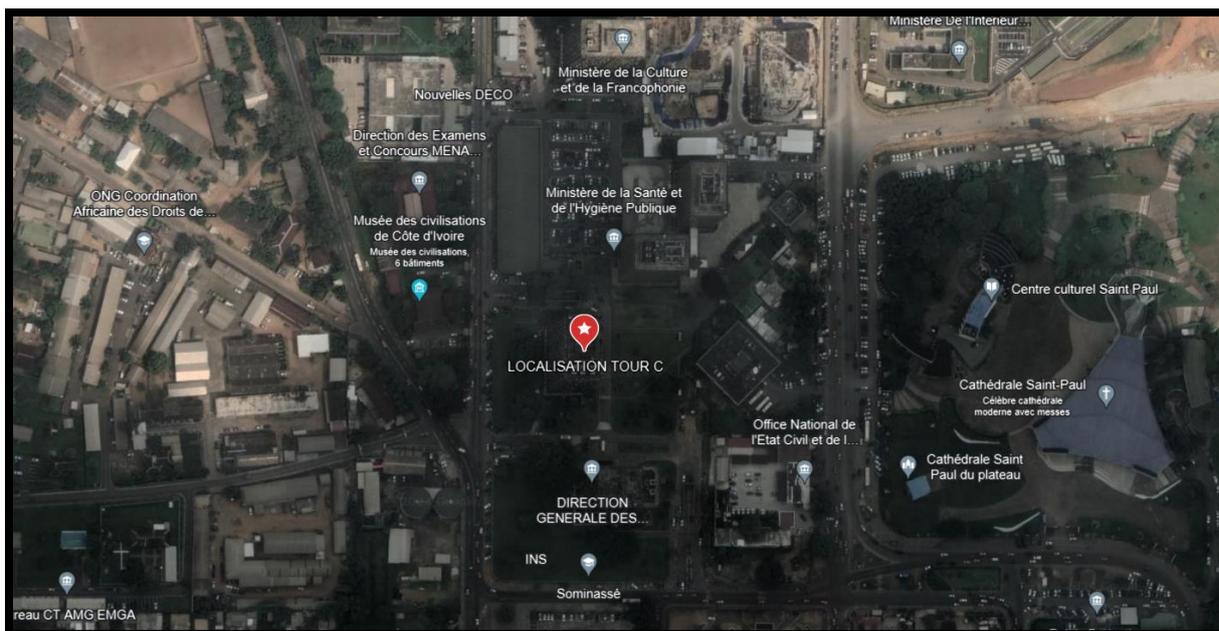


Figure 2 : SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA TOUR C

## 2. Présentation et description du site

L'immeuble de la Tour C se situe entre le boulevard Carde et le boulevard angoulvan dans l'emprise de la cité administrative d'Abidjan.

L'édifice comprend globalement :

- 2 sous-sols comprenant des locaux techniques et pièces de services,
- Un rez-de-chaussée avec une double hauteur sur un niveau mezzanine, comprenant principalement le hall d'entrée, une salle polyvalente et des bureaux.
- 22 étages de bureaux, se décomposant en 2 types: étages administratifs (du R+1 jusqu'au R+13 et le R+15/17/19/21) et étages ministériels (R+14/16/18/20/22)
- Un étage R+23 avec principalement une terrasse technique, une zone de bureaux et des locaux rangement
- La toiture terrasse avec édicule

Les bureaux sont destinés à l'usage unique des ministères de l'État Ivoirien.

L'immeuble couvre une surface au sol d'environ 25 000m<sup>2</sup>.

Le parking est composé de 3 niveaux de sous-sols et est divisé en 3 zones distinctes délimitées par des cloisonnements et des portes coupe-feu.

Un SAS d'accès permet de liaisonner la tour C et le parking au sous-sol 1 et sous-sol 2.

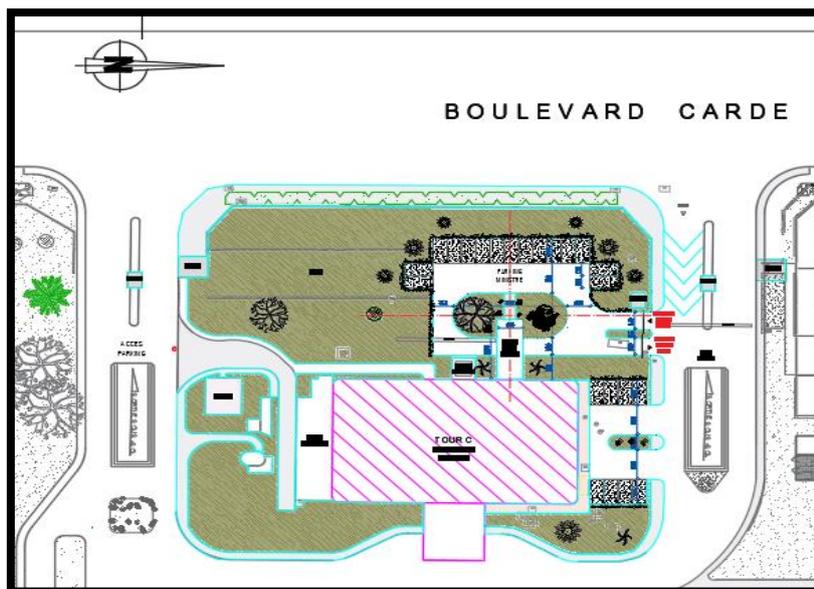


Figure 2:présentation du site en vue de dessus



Figure 3: Vue réelle de la tour C

## II. PRESENTATION DU PROJET

### A. Contexte

Avec l'urbanisation croissante et l'augmentation de la densité urbaine, les IGH sont devenus une solution courante pour répondre à la demande croissante d'espaces commerciaux et de bureaux. Cependant, ces structures imposantes présentent des défis majeurs en termes d'efficacité énergétique en raison de leur taille, de leur complexité et de leur consommation élevée d'énergie. Leur impact environnemental est considérable, entraînant des émissions de

gaz à effet de serre et une pression accrue sur les ressources énergétiques. Les IGH intègrent souvent des systèmes énergétiques tels que la ventilation, la climatisation et l'éclairage, qui peuvent devenir particulièrement énergivores s'ils ne sont pas optimisés. Bien que les normes et les réglementations en matière d'efficacité énergétique continuent d'évoluer, leur mise en œuvre peut varier considérablement selon les bâtiments. Il devient donc essentiel d'optimiser la consommation énergétique des IGH pour réduire leur empreinte carbone, améliorer leur durabilité et diminuer les coûts opérationnels.

Au début des années 1970, la construction des deux premières tours administratives, désignées sous les noms de Tour A et Tour B, a été lancée. Ces édifices, achevés en 1977, s'élèvent chacun à une hauteur de 70 mètres. Leur édification marquait le début d'une série de projets visant à renforcer l'infrastructure administrative de la commune du Plateau.

Peu après la finalisation des tours A et B, un nouveau projet a été initié pour la construction de trois autres tours administratives, identifiées comme Tours C, D, et E. Ces nouvelles constructions ont été terminées en 1984. Les Tours C et E, chacune d'une hauteur d'environ 100 mètres, ont été conçues pour offrir un espace administratif supplémentaire tout en augmentant la visibilité et l'attractivité de la zone.

Avec le passage des années, les Tours A et B ont bénéficié d'une réhabilitation significative pour améliorer leur confort interne et leur attrait externe, tout en prenant en compte l'optimisation énergétique des bâtiments. Ce processus a été crucial pour répondre aux besoins contemporains des fonctionnaires travaillant dans ces tours et pour assurer leur compétitivité en tant que sites administratifs attractifs en plein cœur de la commune.

Actuellement, un nouveau projet a été proposé pour l'optimisation énergétique de la Tour C. Ce projet vise à intégrer des solutions avancées pour améliorer l'efficacité énergétique de l'édifice. L'objectif est de réduire la consommation énergétique de la tour C, étudier l'impact environnemental et moderniser les infrastructures énergétiques existantes, tout en tenant compte des équipements énergivores présents dans le bâtiment. Cette initiative est essentielle pour garantir que la Tour C réponde aux normes contemporaines en matière d'efficacité énergétique et continue de servir efficacement les besoins administratifs de la commune.

### B. Problématique

Dans un contexte de transition énergétique et de pression croissante pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, les IGH comme la tour C du Plateau représentent à la fois un défi et une opportunité pour l'amélioration de l'efficacité énergétique. Bien que ces structures soient souvent conçues avec des objectifs de performance en tête, elles présentent des défis uniques en matière de consommation d'énergie en raison de leur taille, de leur complexité et de leurs besoins diversifiés. Dans ce cadre, comment peut-on optimiser la consommation énergétique de la tour C du Plateau tout en garantissant le confort des occupants et en respectant les contraintes budgétaires et techniques ?

Cette problématique se décline en plusieurs questions clés :

Quels sont les impacts des habitudes de consommation énergétique des occupants sur la performance énergétique globale du bâtiment, et comment ces comportements peuvent-ils être modifiés pour améliorer l'efficacité ?

Quelles sont les solutions d'optimisation énergétique les plus adaptées à la tour C du Plateau en termes de coût, d'efficacité et de faisabilité technique ?

### C. Objectifs

L'efficacité énergétique dans les IGH nécessite une approche qui va au-delà des simples améliorations techniques. Elle requiert une compréhension approfondie des systèmes complexes, des comportements des occupants, et des normes en vigueur. Pour relever ces défis, il est crucial de mener une étude complète qui non seulement identifie les inefficacités actuelles, mais propose également des solutions intégrées et spécifiques au bâtiment. Ainsi, l'objectif général de notre étude est d'optimiser la consommation énergétique de la Tour C du Plateau afin de réduire les coûts énergétiques tout en assurant le confort et la sécurité des occupants, en mettant en œuvre des solutions adaptées aux caractéristiques uniques de ce bâtiment.

## III. METHODOLOGIE ADOPTEE

### A. Normes utilisées

Les normes qui seront utilisées tout au long de notre étude sont :

-  NF EN 15232
-  NF EN 16247-2
-  NFC 14.100
-  NFC 15.100

Pour mener à bien notre démarche d'audit énergétique, nous avons principalement appliqué la norme **EN 16247-2**, qui se concentre sur les audits énergétiques dans les bâtiments et qui s'établit comme suit :

### **ETAPE 1 : préliminaire de l'audit**

L'étape préliminaire de l'audit énergétique se divise en deux grandes sous-étapes. La première consiste à **collecter les informations nécessaires** : cela inclut l'analyse des données de consommation d'énergie, la cartographie des équipements et systèmes énergétiques existants, ainsi que la compréhension du contexte spécifique du site. La deuxième sous-étape consiste à **définir les objectifs et le périmètre de l'audit** : on clarifie les buts visés (réduction des coûts, conformité, amélioration de l'efficacité énergétique), on détermine les zones à auditer et on établit un calendrier et des ressources nécessaires. Ces deux phases permettent de cadrer l'audit, d'identifier les enjeux et de préparer l'analyse détaillée.

### **ETAPE 2 : visite sur site et relevé des données**

Ces étapes permettent de collecter les informations nécessaires pour l'analyse et la formulation de recommandations d'optimisation énergétique :

- **Préparation de la visite** : Planification, préparation des documents et liste de contrôle.
- **Observation des équipements** : Inspection des installations énergétiques (chauffage, éclairage, etc.) et repérage des anomalies.
- **Entretiens avec le personnel** : Discussions pour comprendre les habitudes de consommation et détecter des problèmes éventuels.
- **Mesures et collecte de données** : Utilisation d'instruments pour mesurer des paramètres clés (température, consommation, etc.).
- **Analyse des systèmes de régulation** : Vérification des systèmes de gestion de l'énergie (GTB) et de leur efficacité.
- **Synthèse préliminaire** : Identification des points d'amélioration et formulation de premières recommandations.

### **ETAPE 3 : analyse des données relevées**

- Analyser les factures d'électricité (CIE) de la TOUR C sur 12 mois (2022)
- Réaliser un bilan énergétique et procéder à une répartition des consommations par type d'usage avant de passer à l'analyse détaillée.
- Identifier les pistes d'amélioration pour optimiser l'efficacité énergétique

- Analyser les performances thermiques de l'immeuble

**ETAPE 4 : solutions et économies**

- Proposer des solutions techniques pour des économies d'énergies
- Evaluer l'impact de ces solutions techniques
- Evaluer les économies d'énergies réalisés avec ces différentes solutions

**ETAPE 5 : économie**

- Evaluer les économies financières réalisées avec les solutions techniques proposées
- Estimer les coûts nécessaires à la mise en œuvre des solutions techniques recommandées.
- Calcul du temps de retour sur investissement de chaque solution technique
- Calcul de la valeur actuelle nette (VAN)

**B. Outils et logiciels utilisés**

*Tableau 1:outils et logiciels utilisés*

EXCEL	
AUTOCAD	
DIALUX	
BOUSSOLE	
ZELIO	

### C. Outil de diagnostic utilisé (DPE)

L'évaluation des performances énergétiques d'un bâtiment à plusieurs niveaux, en utilisant l'approche conventionnelle du diagnostic de performance énergétique (DPE), repose sur plusieurs étapes. Le DPE est un outil réglementaire qui permet d'évaluer la consommation d'énergie d'un bâtiment et son impact environnemental, généralement sous forme de lettre (de A à G, où A est le plus performant et G le moins performant). L'évaluation de la performance énergétique de la Tour C se fera principalement en trois étapes :

➤ **Etape 1** : Description et étude de la Tour C

Cette étape met en évidence les informations essentielles du bâtiment pour faire l'étude :

- Le type de paroi
- Le type de vitrage
- La surface du bâtiment
- L'isolation
- L'orientation

➤ **Etape 2** : Analyse énergétique de la Tour C

Cette partie se concentrera sur l'étude économique de rentabilité des solutions d'économies d'énergies

➤ **Etape 3** : Proposition de mise en œuvre d'amélioration et de rentabilité de la Tour C

Cette partie se concentrera sur les propositions de solutions en vue de réduire les factures d'électricité de la Tour C.

Tableau 2: données prises au niveau de la tour C

	COMMENTAIRES	APPRECIATION	ETAT DE SATISFACTION
<b>Éclairage</b>	Lampes fluo énergivores installées dans la majeure partie de l'immeuble	Lampes fluos à remplacer par les lampes économique LED	
<b>Climatisation</b>	Les groupes froids n'alimentent plus tous les niveaux de la tour et sont énergivores	Refaire le bilan thermique	
<b>Parois du bâtiment</b>	Parois en béton enduit de 10 cm d'épaisseur et non isolé mur datant depuis 1984	L'ajout d'isolation sur les parois de l'immeuble serait idéal afin de réaliser des économies d'énergies	
<b>Bureautique et appareil électroménagers</b>	Les appareils utilisés avant que la tour soit en plein travaux pour réhabilitation étaient énergivores	Sensibiliser les agents de la tour à utiliser des appareils moins énergivores	

## IV. ETAT DES LIEUX DE L'EXISTANT (première partie du thème)

### A. Présentation de l'immeuble

La Tour C du Plateau, située à Abidjan, est un imposant immeuble de bureaux construit principalement en béton. Ce bâtiment comprend :

- **Deux niveaux de sous-sols** : Ces niveaux sont généralement dédiés aux parkings, aux espaces techniques ou de stockage.
- **Un rez-de-chaussée (RDC)** : réservé aux zones d'accueil, aux services publics ou aux espaces commerciaux.
- **Une mezzanine** : Un niveau intermédiaire entre le rez-de-chaussée et le premier étage, utilisé pour des bureaux ou des espaces d'accueil supplémentaires.
- **Dix-sept niveaux administratifs** : Ces étages sont conçus pour héberger divers bureaux administratifs, offrant des espaces de travail aux différents services de l'administration ivoirienne.

- **Cinq niveaux ministériels** : Réservés aux bureaux et aux fonctions spécifiques des ministères, ces niveaux sont destinés à accueillir les bureaux des ministres et leurs équipes.
- **Une toiture-terrasse** :cette partie sert de terrasse, d'espace technique, ou de lieu de détente.

La Tour C du Plateau est ainsi conçue pour abriter diverses fonctions administratives et ministérielles, servant de centre névralgique pour l'administration publique de la Côte d'Ivoire.

## B. Synoptique de l'alimentation électrique de la tour C

- ❖ Alimentation de la tour depuis le poste de livraison et des groupes électrogènes

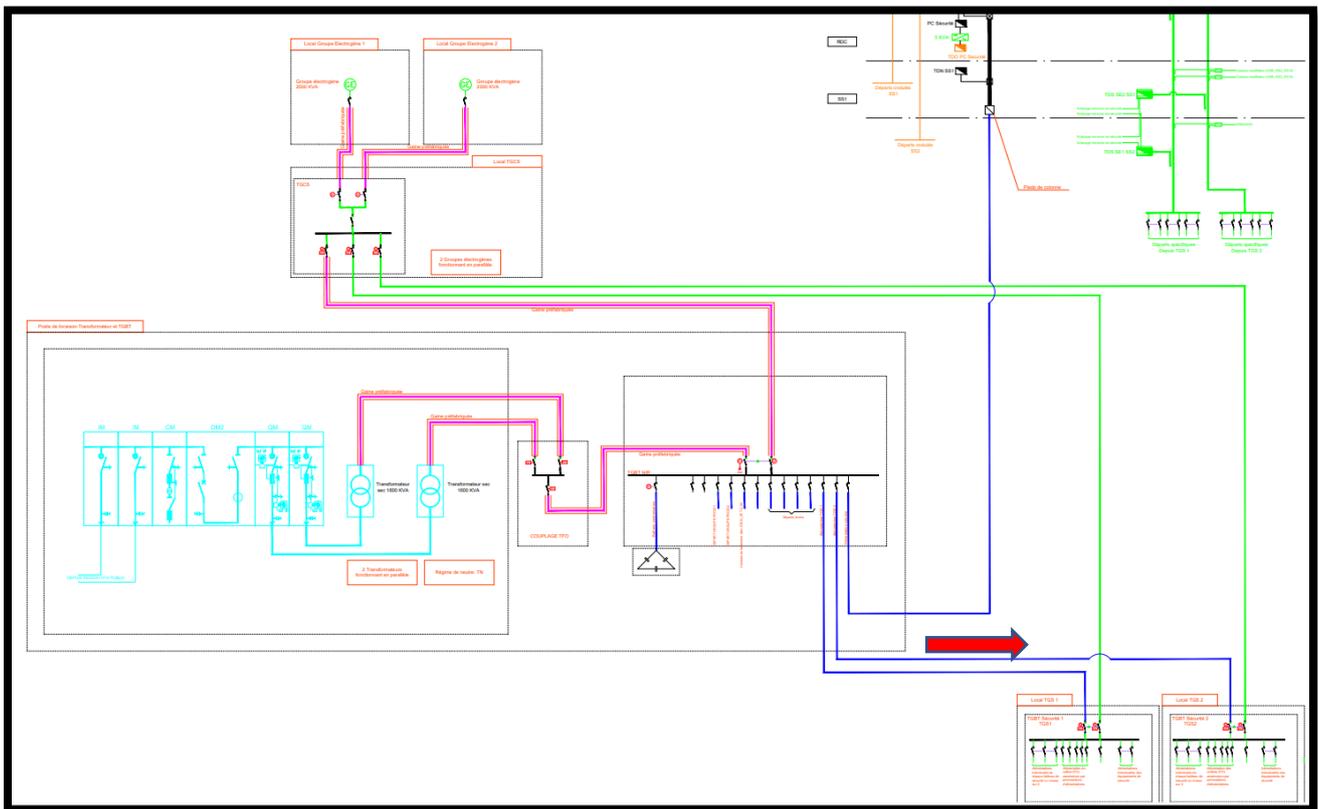


Figure 4: Alimentation électrique tour C

- ❖ Alimentation des différents tableaux divisionnaires normaux et de sécurité de chaque niveau depuis le TGBT

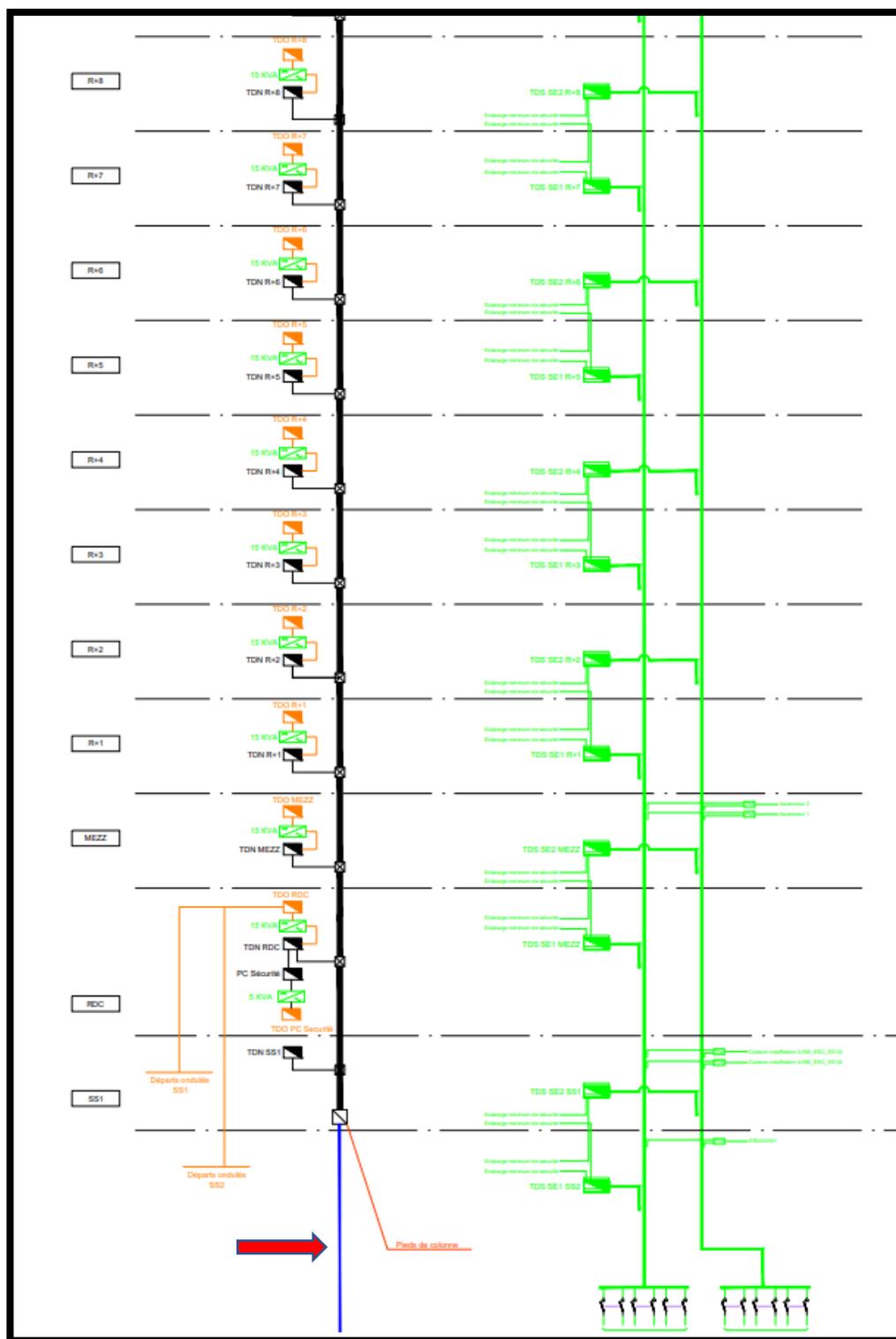


Figure 5: suite alimentation des TDN depuis le TGBT

### C. Configuration électrique de la Tour C

Le tableau 3 présente la configuration électrique de la tour C :

Tableau 3: configuration électrique tour C

Compartiments	Équipements
POSTE DE LIVRAISON	02 cellules arrivées départs 15 kV (arrivée/départ)
	01 cellule comptage
	01 cellule double sectionnement
	04 cellules simple sectionnement protection transfo
POSTE DE TRANSFORMATION	04 transformateurs à huile de 1000 kVA/20kV
	Tableau de couplage transfo
TGBT-NR	01 départ vers compensation d'énergie réactive
	01 départ vers TGS1
	01 départ vers TGS2
	01 départ vers colonne d'alimentation
GROUPES ELECTROGENES	02 G.E de 1250 kVA
	01 départ vers TGS1
	01 départ vers TGS2
TGS1 ET TGS2	Alimentation depuis groupes électrogènes

### D. Fonctionnement de la Tour C

La tour C est un immeuble étatique de 27 étages qui héberge plusieurs fonctionnaires et fonctionne en moyenne 8 heures par jour, de **8h à 16h**, 5 jours par semaine (du lundi au vendredi). Étant actuellement en réhabilitation et sans équipements, nous avons basé notre étude de l'existant sur les données initiales de la tour C datant de 1983, Les équipements concernés pour l'étude de l'existant incluent les luminaires, les prises et les groupes à eau glacée, accompagnés de leurs puissances respectives. Aussi certains luminaires fonctionnent **24h sur 24** donc leur consommation énergétique total se calculera à partir des trois tranches horaires fixés par la CIE ce qui nous donnera la consommation énergétique total des luminaires journaliers.

Concernant les prises, elles servent de sources d'alimentation pour les équipements électroménagers et bureautiques, et la consommation énergétique est généralement calculée sur une durée de travail standard de **8 heures**. De plus, pour les autres équipements, il est supposé qu'aucun personnel ne se trouve dans la tour après 16 heures, ce qui signifie que leur fonctionnement est également limité à cette durée de **8 heures** par jour. Cette approche permet d'estimer de manière précise la consommation énergétique liée à l'utilisation des différents appareils au sein de la tour.

Les groupes froids fonctionnent pendant **11 heures** durant les heures pleines. Étant donné que le groupe à eau glacée utilise une grande partie de l'eau produite pour le refroidissement de l'IGH, il fonctionne principalement durant les **heures pleines**, après le départ des employés, ainsi que pendant les heures creuses, de **00h à 07h**

### **E. Formules de calcul de l'économie d'énergie**

#### Heures Pleines

Les heures pleines désignent les périodes de consommation normale d'électricité, où la demande est modérée. Cela correspond généralement aux moments de la journée où les gens utilisent leurs appareils électroménagers, mais sans atteindre des niveaux maximaux. Les tarifs pendant ces heures sont souvent intermédiaires.

#### Heures de Pointe

Les heures de pointe correspondent aux périodes de forte demande d'électricité, généralement en fin de journée, lorsque la majorité des consommateurs utilisent intensivement l'électricité (par exemple, en rentrant du travail). Durant ces heures, le prix de l'électricité est généralement plus élevé en raison de la demande accrue et de la nécessité de mobiliser des ressources supplémentaires pour répondre à cette demande.

#### Heures Creuses

Les heures creuses, en revanche, désignent les périodes où la demande d'électricité est relativement faible, souvent la nuit ou tôt le matin. Les tarifs sont généralement plus bas pendant ces heures pour inciter les consommateurs à utiliser l'électricité à ces moments-là. Cela aide à lisser la demande sur le réseau électrique.

À partir des distinctions établies entre les heures pleines, les heures de pointe et les heures creuses, nous pouvons affirmer que notre calcul sur l'économie d'énergie sera principalement fondé sur les heures pleines. En effet, la tour, étant un espace de travail, elle est active durant

les plages horaires de 8h à 12h et de 13h à 16h. Ces périodes correspondent à des moments de consommation modérée, où l'utilisation des appareils électroménagers et des équipements de bureau est optimale. En analysant cette consommation dans le cadre des heures pleines, nous serons en mesure de mieux évaluer les économies potentielles et d'identifier des stratégies pour améliorer l'efficacité énergétique au sein du bâtiment

➤ **Consommation d'énergie actuelle en (kWh)**

$$E = P \times T \quad (1)$$

Avec

E = consommation d'énergie actuelle en (kWh)

P = puissance actuelle en (kW)

T = durée de fonctionnement en (h)

➤ **Consommation d'énergie après optimisation en (kWh)**

$$E' = P' \times T \quad (2)$$

Avec

E' = consommation d'énergie après optimisation en (kWh)

P' = puissance après optimisation en (kW)

T = durée de fonctionnement en (h)

➤ **Gain d'énergie en (kWh)**

$$\Delta E = E - E' \quad (3)$$

➤ **Gain financier en (FCFA)**

$$\Delta F = \Delta E \times \text{cout de l'énergie (F/kWh)} \quad (4)$$

### **F. Audit sur l'éclairage**

Nous avons collecté les données concernant la puissance des luminaires installés dans l'ensemble de l'immeuble, en prenant en compte chaque niveau.

Pour déterminer la puissance totale des luminaires installés, nous nous sommes référés aux plans architecturaux de la tour C. Nous avons compté chaque luminaire sur chaque étage et

## AUDIT ENERGETIQUE DE LA TOUR C DE LA CITE ADMINISTRATIVE DU PLATEAU

multiplié ce nombre par leur puissance respective afin d'obtenir une estimation de la puissance totale des luminaires installés

Tableau 4: bilan de puissance luminaires installés

Niveaux	Luminaires	Type	Puissance (W)	Nombre	Puissance total
RDC	Appareil fluorescent 1x58	Fluo	58	49	2842
	Appareil fluorescent 1x18	Fluo	18	9	162
	Spot encastré	Lite 608	60	12	720
	refacteur encastré	Fixe	100	37	3700
	Hublot pour lampe	Étanche	100	12	1200
	Spot pour lampe	Encastré	100	4	400
	Spot pour lampe	Invisible	100	8	800
	Appareil fluo encastré	Corniche	58	20	1160
	Appareil fluo encastré	Corniche	18	4	72
Sous-sol 1	Appareil fluorescent étanche	Fluo	116	46	5336
	Hublot pour lampe	Étanche	100	29	2900
	Diffuseur anti déflagrant	Fluo	116	10	1160
Sous-sol 2	Appareil fluorescent étanche	Fluo	116	96	11136
	Hublot pour lampe	Étanche	100	36	3600
Mezzanine	Appareil fluorescent 1x58	Fluo	58	67	3886
	Appareil fluorescent 1x18	Fluo	18	6	108
	Spot pour lampe	Encastré	100	10	1000
	Appareil fluorescent étanche	Fluo	116	5	580
	Hublot pour lampe	Étanche	100	20	2000
	Spot pour lampe	Invisible	100	5	500
Etage 05 (étage administratif)	Appareil fluorescent 1x58	Fluo	58	145	8410
	Appareil fluorescent 1x18	Fluo	18	20	360
	Appareil fluorescent étanche	Fluo	116	5	580
	Spot pour lampe	Encastré	100	25	2500
	Hublot pour lampe	Étanche	100	26	2600
Etage 20 (étage ministériel)	Appareil fluorescent 1x58	Fluo	58	159	9222
	Appareil fluorescent 1x18	Fluo	18	24	432
	Appareil fluorescent étanche	Fluo	116	8	928
	Spot pour lampe	Encastré	100	33	3300
	Spot pour lampe	Invisible	100	10	1000
	Hublot pour lampe	Étanche	100	26	2600
Etage 23 (toiture terrasse)	Appareil fluorescent 1x58	Fluo	58	20	1160
	Hublot pour lampe	Étanche	100	14	1400
	Balise aviation	Extérieur	60	16	960

Après avoir effectué le calcul du bilan de puissance pour chaque niveau de l'immeuble, nous avons déterminé la puissance totale des luminaires. Le total des puissances des luminaires pour l'ensemble de l'immeuble est de **379,842 kW** soit une énergie journalière de **3038,736 kWh** en heures pleines et la consommation des luminaires fonctionnant 24h/24 vu que d'autres (ceux dans les bureaux, toilettes...) seront éteints après les heures de travail plus précisément le cumulé de l'énergie en heures pleines, creuses et de pointe donne **203,476 kWh** d'où un total de **3242,212 kWh**.

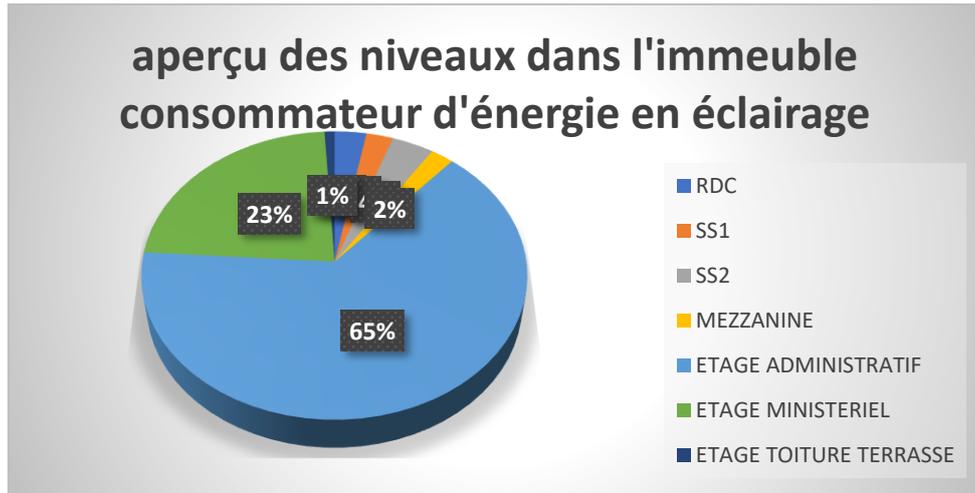


Figure 6: aperçu des différents niveaux en éclairage

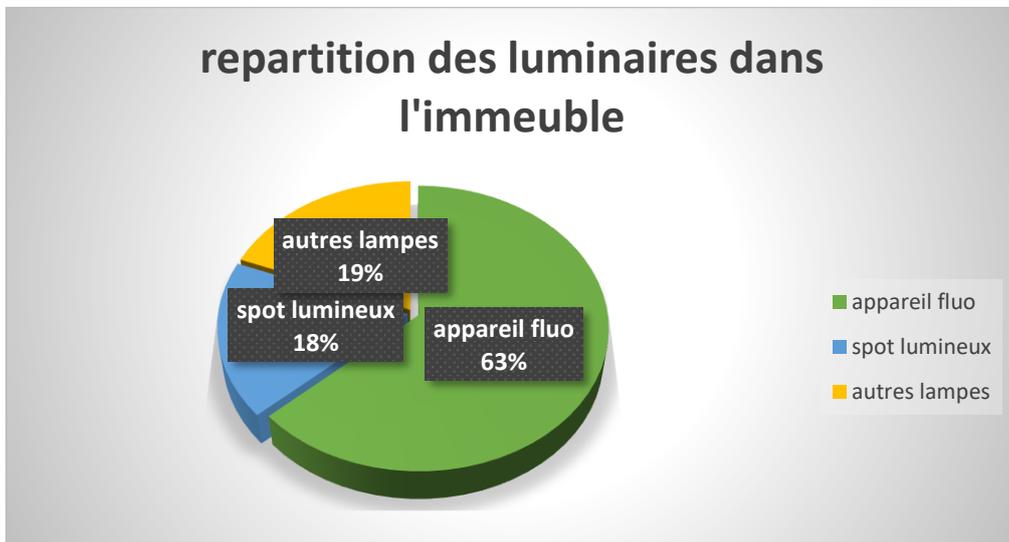


Figure 7: repartition des charges des luminaires dans l'immeuble en fonction de leur type

**G. Audit sur la climatisation**

Le groupe à eau glacée de la Tour est un système de climatisation centralisé qui refroidit de l'eau à une température basse utilisant un cycle de réfrigération pour cela. Le processus débute avec un compresseur qui aspire un fluide frigorigène sous forme gazeuse et le comprime, augmentant sa pression et sa température. Ce fluide, maintenant chaud et sous haute pression, passe ensuite par un condenseur où il libère sa chaleur à l'extérieur, se condensant ainsi en liquide. Ce liquide haute pression traverse ensuite une vanne d'expansion, qui réduit sa pression, entraînant une chute de température et transformant le fluide en mélange liquide/gazeux. Ce mélange entre dans l'évaporateur, où il absorbe la chaleur de l'eau qui circule à travers l'échangeur de chaleur, provoquant son évaporation et la transformation du fluide en gaz à basse pression. L'eau glacée ainsi produite est alors pompée à travers un réseau de tuyaux vers les unités intérieures installés à différents niveaux dans la tour. Ensuite l'air chaud passe à travers des serpentins contenant l'eau glacée, ce qui permet de refroidir l'air avant qu'il ne soit diffusé dans l'espace à climatiser. Après ce processus, l'eau, ayant absorbé la chaleur, se réchauffe et retourne au groupe à eau glacée par un circuit de retour, où elle sera à nouveau refroidie, complétant ainsi le cycle. Des systèmes de contrôle surveillent la température ambiante et ajustent le fonctionnement du groupe et des unités intérieures pour garantir un confort optimal et une efficacité énergétique.

La tour C est équipée d'un système de refroidissement composé d'une centrale de traitement d'air et d'un groupe à eau glacée, dotés de puissances frigorifiques respectives de 1950 kW et 1500 kW ce qui donne une puissance frigorifique de 3450 kW.

Le tableau associé présente les données concernant la puissance totale électrique absorbée par l'ensemble du système de groupe froid.

*Tableau 5: puissance total groupe froid*

Equipements	Puissance unitaire Électrique(kW)	Nombre	Puissance total (kW)
<b>CTA</b>	540	2	<b>1080</b>
<b>Groupe à eau glacé</b>	415	2	<b>830</b>
<b>Total</b>			<b>1910</b>

**Energie journalière climatisation total :21010 kWh en heures pleines et 13370kWh en heures creuses**

## H. Prises

Les prises électriques jouent un rôle crucial dans toute installation électrique, car elles permettent de connecter divers appareils et équipements au réseau électrique. Leur importance réside dans plusieurs aspects : elles facilitent l'accès à l'électricité dans les espaces de travail et de vie, garantissant ainsi que les appareils essentiels, tels que les ordinateurs, imprimantes, et équipements de bureau, puissent fonctionner efficacement. De plus, les prises contribuent à la sécurité électrique en intégrant des dispositifs de protection, comme les disjoncteurs et la mise à la terre, réduisant ainsi le risque de surcharges et d'accidents. Enfin, une distribution adéquate des prises permet d'optimiser l'aménagement des espaces et d'améliorer la flexibilité d'utilisation des équipements, répondant ainsi aux besoins variés des utilisateurs. Pour déterminer la puissance totale des prises utilisées pour alimenter les équipements, nous avons compté le nombre de prises 2P+T et 3P+T ainsi que leurs puissances respectives sur chaque étage. Le tableau ci-dessous présente la puissance totale des prises au rez-de-chaussée, calculée à l'aide d'un coefficient de simultanéité, qui agit ici comme un coefficient de foisonnement. Les données relatives aux autres niveaux seront fournies en annexe. (voir annexe 8 à 11)

Tableau 6: puissance total prises RDC

Niveaux	Prises	Nombre	P.U (W)	Puissance totale (W)	ks	Puissance foisonnée en (W)
RDC	PCN1	4	160	640		
	PCN2	8	160	1280		
	PCN3	8	160	1280		
	PCN4	8	160	1280		
	PCN5	8	160	1280		
	PCN6	8	160	1280	0.18	2620.8
	PCN7	6	160	960		
	PCT1	1	2000	2000		
	PCN8	8	160	1280		
	PCN9	8	160	1280		
	PCT2	1	2000	2000		

La consommation électrique total des prises s'élève à **87,9 kW**.

D'où l'énergie totale journalières des prises servant d'alimentation des équipements est de **:703,2 kWh** en heures pleines

**I. Autres équipements**

Les équipements installés dans la tour jouent un rôle crucial pour le bon fonctionnement des activités ainsi que pour le bien-être des fonctionnaires. Parmi ces installations, les ascenseurs sont particulièrement essentiels.

Tous ces équipements sont intégrés aux tableaux généraux de sécurité (TGS), ce qui permet leur fonctionnement autonome en cas de défaillance du tableau général basse tension (TGBT) normal. Cette indépendance est primordiale pour garantir la sécurité et la continuité des opérations au sein de la tour. Pour évaluer la consommation électrique totale, nous avons collecté des données sur la puissance des différents appareils raccordés au TGS. Cette analyse nous a permis de déterminer la puissance totale de l'ensemble des équipements concernés. Le tableau ci-dessous présente un récapitulatif des puissances de chaque appareil, ainsi que la puissance totale calculée.

*Tableau 7: puissance équipement raccordé au TGS*

<b>Equipements</b>	<b>Puissance unitaire (W)</b>	<b>Nombre</b>	<b>Puissance total (W)</b>
<b>Surpresseurs EF confort</b>	7500	1	<b>7500</b>
<b>Surpresseurs colonne humide et RIA</b>	22000	6	<b>132000</b>
<b>Ascenseurs</b>	34262	10	<b>342620</b>
<b>Ventilo locaux poubelles</b>	750	1	<b>750</b>
<b>Ventilo TGBT et TGES</b>	350	1	<b>350</b>
<b>Ventilo local transfo</b>	4000	1	<b>4000</b>
<b>Ventilo hélicoïdale</b>	4000	1	<b>4000</b>
<b>Ventilo de conduit</b>	350	1	<b>350</b>
<b>TOTAL</b>			<b>491570</b>

**J. Bilan total de l'existant et répartition des équipements en fonction de leur consommation**

Après avoir calculé la puissance totale des luminaires, des prises pour l'alimentation des équipements, des groupes froids et d'autres dispositifs présents dans l'immeuble, nous avons déterminé que la puissance initiale des transformateurs avoisinait les 4000 kVA. Cela a été obtenu en divisant la puissance active totale par un facteur de puissance de 0,8. Par ailleurs, nous avons analysé les différentes puissances pour identifier les équipements les plus énergivores à l'aide de graphiques.

Tableau 8: Bilan de puissance total

ECLAIRAGE	379842
CLIMATISATION	1910000
PRISES	87900
AUTRES EQUIPEMENT	491570
Total	2869312
Total en kW	2869.312
Puissance apparente total en kVA	3586.64

D'où l'énergie total journalière de l'existant s'élève à : **31562,52 kWh**

## K. Synthèse de l'existant

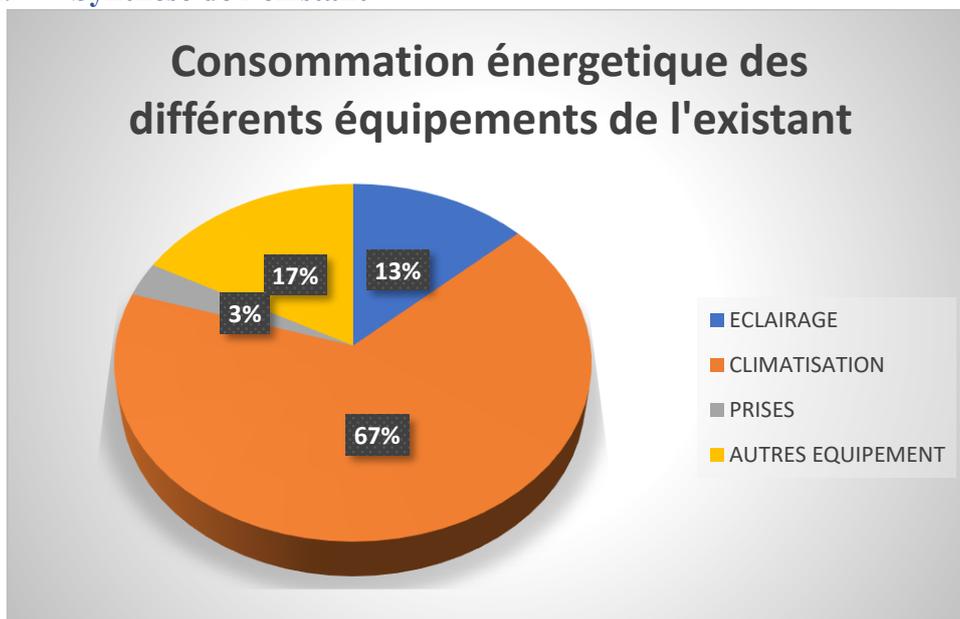


Figure 8: Répartition des charges des différents équipements dans la tour

## V. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE

### A. CAS 1 : optimisation de la consommation énergétique par la gestion de l'éclairage

L'optimisation de la gestion de l'éclairage est essentielle pour améliorer l'efficacité énergétique dans les bâtiments tout en garantissant un confort visuel adéquat. Cette démarche consiste à utiliser des technologies et des stratégies permettant de réduire la consommation d'énergie tout en répondant aux besoins d'éclairage des occupants.

Une approche efficace inclut l'installation de systèmes d'éclairage LED, qui consomment moins d'énergie et ont une durée de vie plus longue que les ampoules traditionnelles.

Une gestion éclairée de l'éclairage permet non seulement de réduire les coûts énergétiques, mais aussi d'améliorer le bien-être des occupants et de contribuer à la durabilité environnementale

Lors de nos relevés des puissances des luminaires, nous avons observé que les luminaires de type fluorescent et les spots ainsi que les hublots consomment assez d'énergie. Face à ce constat et avec l'avènement des lampes LED, nous avons entrepris des simulations sur Dialux afin d'utiliser ces luminaires plus économes tout en garantissant un éclairage adéquat dans les différents bureaux.

Après analyse, nous avons opté pour le luminaire LED (Ledvance) en grande majorité ainsi que d'autres marques de LED, qui présente des caractéristiques techniques supérieures et une efficacité énergétique accrue. Ce choix nous permettra de réaliser des économies d'énergie considérables, tout en maintenant un niveau d'éclairage optimal pour le confort des occupants. Grâce à cette approche, nous sommes convaincus d'améliorer non seulement la durabilité de l'installation, mais aussi le bien-être des utilisateurs dans leur environnement de travail. Le tableau ci-dessous montre un peu les gains d'énergies obtenu sur un niveau le reste sera en annexe. Les simulations sur dialux des luminaires choisis ainsi que les résultats de simulations de l'implantation des luminaires dans les différentes pièces seront en annexe. (Voir annexe 12 à 18) Vu que la tour a pratiquement des pièces identiques sur chaque niveau notamment les bureaux, les toilettes, les allées, les halls etc., un tableau montrant les types de luminaires choisis ainsi que les résultats des simulations sur DIALUX seront en annexe. Grâce aux différents résultats obtenus nous avons pu évaluer la puissance totale des luminaires choisis ainsi que l'énergie consommée.

*Tableau 9: bilan total des luminaires LED choisis*

Niveaux	Luminaires	Type	Puissance (W)	Nombre	Puissance total
RDC	Ledvance panel performance 600 Dali	A1	40	87	3480
	V TAC Cob downlight	D1	10	24	240
	Philips DN470P PSU	D2	15	6	90
	Philips RS340 B	L1	15	10	150
	Ledvance downlight IP 44 DN165	L1	15	10	150
	MPE-LED Hight Bay HBU	L1	100	13	1300
	Philips RC400 B	L2	30	4	120
	Ledvance downlight alu 200	HC	25	8	200
	Ledvance panel light palaos	F	40	3	120
SS1	Ledvance panel performance 600 Dali	A2	40	24	960
	V TAC Cob downlight	D1	10	37	370
	Ledvance downlight alu 200	HC	25	6	150
	Ledvance downlight alu 200	HW	25	6	150
	Ledvance panel light palaos	F	40	51	2040

## AUDIT ENERGETIQUE DE LA TOUR C DE LA CITE ADMINISTRATIVE DU PLATEAU

SS2	Ledvance panel performance 600 Dali	A2	40	54	2160
	V TAC Cob downlight	D1	10	6	60
	Ledvance downlight alu 200	HC	25	12	300
	Ledvance downlight alu 200	HW	25	6	150
	Ledvance panel light palaos	F	40	19	760
Mezzanine	Ledvance panel performance 600 Dali	A1	40	84	3360
	V TAC Cob downlight	D1	10	9	90
	Philips DN470P PSU	D2	15	30	450
	Philips RS340 B	L1	15	10	150
	Ledvance downlight IP 44 DN165	L1	15	10	150
	MPE-LED Hight Bay HBU	L1	100	13	1300
	Ledvance downlight alu 200	HC	25	4	100
	Ledvance downlight alu 200	HW	25	6	150
	Ledvance panel light palaos	F	40	5	200
Etage 05 (étage administratif)	Ledvance panel performance 600 Dali	A1	40	92	3680
	V TAC Cob downlight	D1	10	145	1450
	Ledvance downlight alu 200	HC	25	68	1700
	Ledvance downlight alu 200	HW	25	102	2550
	Ledvance panel light palaos	F	40	85	3400
Etage 20 (étage ministériel)	Ledvance panel performance 600 Dali	A1	40	100	4000
	V TAC Cob downlight	D1	10	105	1050
	Ledvance downlight alu 200	HC	25	20	500
	Ledvance downlight alu 200	HW	25	30	750
	Ledvance panel light palaos	F	40	25	1000
Etage 23 (toiture terrasse)	Ledvance panel performance 600 Dali	A1	40	4	160
	Ledvance panel performance 600 Dali	A2	40	45	1800
	V TAC Cob downlight	D1	10	10	100
	Ledvance downlight alu 200	HC	25	4	100
	Ledvance downlight alu 200	HW	25	6	150
	Ledvance panel light palaos	F	40	21	840

Après optimisation on a obtenu une puissance totale de **255.060 kW** soit une énergie journalière de **1785.82 kWh** en heures pleines et un surplus d'énergie en supposant le fonctionnement de certains luminaires fonctionnant 24h/24 qui sera maintenant de **93.34 kWh** d'où un total de **1879.16 kWh** et un gain d'énergie journalier de **1363.052 kWh**.

### **B. CAS 2 : optimisation de la consommation énergétique par l'installation d'un isolant sur les parois**

### 1. Importance de l'isolation

L'isolation des parois dans un immeuble revêt une importance cruciale pour plusieurs raisons interconnectées, contribuant à la fois au confort des occupants et à la durabilité du bâtiment.

Tout d'abord, l'efficacité énergétique est l'un des principaux avantages de l'isolation. En minimisant les pertes de chaleur en hiver et en limitant l'accumulation de chaleur en été, une bonne isolation réduit significativement les besoins en chauffage et en climatisation. Cela se traduit par des économies substantielles sur les factures d'énergie, ce qui est particulièrement pertinent dans un contexte de hausse des coûts énergétiques.

Ensuite, le confort thermique est également amélioré grâce à une isolation adéquate. Elle permet de maintenir une température intérieure stable, évitant les zones froides près des murs et réduisant la sensation de chaleur excessive pendant les mois d'été. Les occupants bénéficient ainsi d'un environnement de vie plus agréable.

En outre, l'isolation phonique est un autre aspect essentiel. Les parois bien isolées atténuent les bruits extérieurs et les nuisances sonores provenant des appartements voisins, ce qui améliore la qualité de vie des résidents. Cela est particulièrement important dans les zones urbaines, où le bruit peut être une source de stress.

L'isolation contribue également à la protection contre l'humidité. En prévenant les problèmes de condensation et d'humidité, elle réduit les risques de développement de moisissures et de détérioration des matériaux de construction. Cela favorise un environnement intérieur sain, essentiel pour la santé des occupants.

Sur le plan économique, un bâtiment bien isolé est souvent plus attractif sur le marché immobilier. Les acheteurs potentiels sont de plus en plus sensibles aux performances énergétiques des bâtiments, ce qui peut influencer positivement la valeur d'un bien immobilier. Cela est d'autant plus vrai dans un contexte où les réglementations sur l'efficacité énergétique deviennent de plus en plus strictes.

Enfin, l'impact environnemental ne peut être négligé. En réduisant la consommation d'énergie, une bonne isolation contribue à diminuer les émissions de gaz à effet de serre, participant ainsi à la lutte contre le changement climatique.

En somme, l'isolation des parois dans un immeuble est essentielle non seulement pour le confort et la santé des occupants, mais aussi pour l'efficacité énergétique, la durabilité des bâtiments et la préservation de l'environnement. Elle répond à des normes de plus en plus exigeantes, rendant son intégration indispensable dans toute démarche de construction ou de rénovation.



Figure 9: Pertes rencontrés sur un bâtiment non isolé

### 2. Présentation des isolants pour les calculs d'isolation

L'étude de l'isolation dans notre projet se concentrera principalement sur deux types d'isolants : le polystyrène et la laine de verre. Chacun présente des avantages et des inconvénients qui doivent être pris en compte pour déterminer le meilleur choix en fonction des gains thermiques et du coût.

Le **polystyrène** est réputé pour son excellente résistance thermique, offrant un rapport performance/prix attractif. Il est léger et facile à manipuler, ce qui facilite son transport et son installation, réduisant ainsi les coûts de main-d'œuvre. En outre, sa résistance à l'humidité le rend moins susceptible à la dégradation, prolongeant ainsi sa durabilité dans des environnements humides. Cependant, son impact environnemental est une préoccupation, car sa production est énergivore et le recyclage peut poser des défis. De plus, bien qu'il existe des versions traitées, le polystyrène reste inflammable, ce qui nécessite des précautions lors de son utilisation.

La **laine de verre**, quant à elle, est prisée pour ses performances thermiques et acoustiques. Elle contribue à un meilleur confort intérieur en réduisant les bruits et en maintenant une température stable. Ce matériau est souvent fabriqué à partir de verre recyclé, ce qui en fait une option plus

écologique. Sa résistance au feu en fait également un choix sécuritaire, car elle ne favorise pas la propagation des flammes. Néanmoins, la laine de verre présente des inconvénients : elle est sensible à l'humidité, ce qui peut altérer ses propriétés isolantes et encourager le développement de moisissures si elle n'est pas correctement protégée. De plus, les fibres de laine de verre peuvent irriter la peau et nécessitent des précautions lors de la manipulation, ce qui peut augmenter le coût de l'installation.

Dans notre étude, le choix entre le polystyrène et la laine de verre sera basé sur la capacité de chaque matériau à offrir des gains thermiques conséquents tout en considérant bien évidemment l'aspect économique.



Figure 10: laine de verre



Figure 11: polystyrène

### 3. Données de base pour le calcul des charges thermiques du bâtiment

Dans les régions chaudes, on identifie généralement deux types de climat : le climat tropical sec et le climat tropical humide. Ces deux climats posent des enjeux différents en matière de climatisation : le climat sec exige principalement un refroidissement de l'air, tandis que le climat humide nécessite à la fois une déshumidification et un rafraîchissement

#### 4. Mois de base

L'évaluation du bilan thermique repose sur l'estimation des gains externes et internes durant le mois le plus chaud, désigné comme le mois de base et le mois le plus défavorable. La figure ci-dessous présente les mois de base pour plusieurs villes échantillons.

Tableau 10: mois de base (mois le plus chaud)

Zones climatiques	Pays	Villes de références	Mois de base
Climat tropical humide	Cameroun	Douala	Février
	Côte d'Ivoire	Abidjan	Février
	Bénin	Cotonou	
	Togo	Lomé	
Climat tropical de transition ou littoral	Sénégal	Dakar	
Climat tropical sec	Cameroun	Garoua	Mars
	Côte d'Ivoire	Korhogo	
Climat tropical désertique	Mali	Bamako	
	Niger	Niamey	
	Tchad	Djamena	
	Burkina Faso	Ouagadougou	Avril

#### 5. Condition intérieure de base

Ce sont les conditions normales recommandées pour assurer le confort thermique dans les bâtiments climatisés. Des études expérimentales menées dans des climats tropicaux humide et sec, impliquant des personnes légèrement vêtues et occupant un poste sédentaire dans leurs bureaux climatisés, ont permis d'établir une plage de température favorable au bien-être des habitants de ces régions. Le tableau ci-dessous présente ces conditions intérieures de confort.

Tableau 11: zone de confort thermique

Douala	$23,9 < T_o < 28,3$	Hr = 60% à 28,3 °C Hr = 70% à 23,9 °C
Abidjan	$24,2 < T_o < 28$	Hr = 71% à 28°C Hr = 58% à 24,2 °C

#### 6. Condition extérieure de base

Le bilan thermique de conditionnement d'air doit être défini dans les conditions dites extérieures de base. Elles correspondent à des températures sèches et humides simultanées qui pourront être dépassées pendant quelques heures par an pour le mois le plus chaud. Le tableau ci-dessous nous donne ces conditions de base pour certaines villes.

Tableau 12: conditions de base extérieure

Zones climatiques	Pays	Villes de références	Température sèche [°C]	Température humide [°C]	Direction du vent	Vitesse du vent [km/h]
Climat tropical humide	Cameroun	Douala	32	29	SW	7,3
	Côte d'Ivoire	Abidjan	32,5	27,5		
	Bénin	Cotonou				
	Togo	Lomé				
Climat littoral	Sénégal	Dakar				
Climat tropical sec	Cameroun	Garoua	39,8	23,7	W	10,36
	Côte d'Ivoire	Korhogo	36	22,5		
Climat tropical désertique	Mali	Bamako				
	Niger	Niamey				
	Tchad	Djamena				
	Burkina Faso	Ouagadougou	39	29,5	SO	8,3

## 7. Méthode de calcul des charges thermiques en considérant un isolant sur les parois

### a) Schéma illustratif de l'isolation d'une paroi

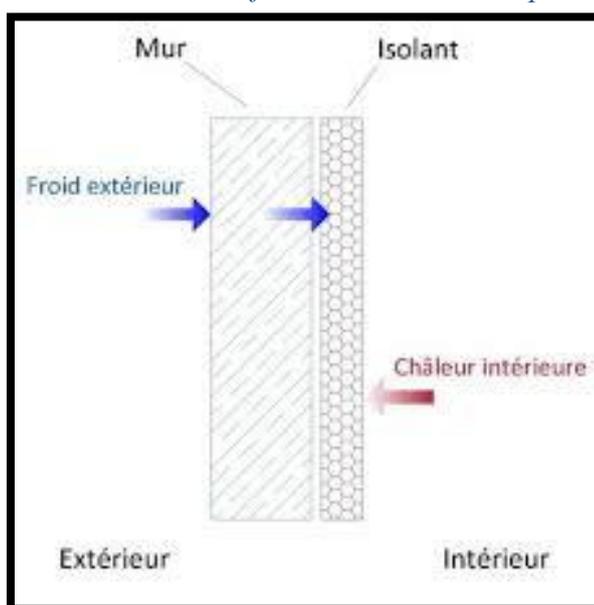


Figure 12: application de l'isolation sur un mur

### b) Calcul du coefficient global de transmission $H$ ( $W/m^2 \cdot K$ ) avec présence d'isolation

Le choix de l'épaisseur des isolants dépend de plusieurs facteurs, notamment du type de bâtiment, de la zone géographique, des exigences énergétiques et des performances souhaitées, de l'espace disponible, ainsi que du coût et des matériaux choisis. Pour notre étude, les matériaux sélectionnés sont le polystyrène et la laine de verre. Selon les normes **RT 2012** et

**RE 2020**, qui imposent des exigences minimales en matière d'isolation thermique en fonction du type de paroi (murs, toiture, sols), l'épaisseur de la laine de verre varie généralement entre 10 et 15 cm, tandis que celle du polystyrène se situe entre 8 et 12 cm. Dans le cadre de notre bilan, nous adopterons une épaisseur de 10 cm pour les deux types d'isolants.

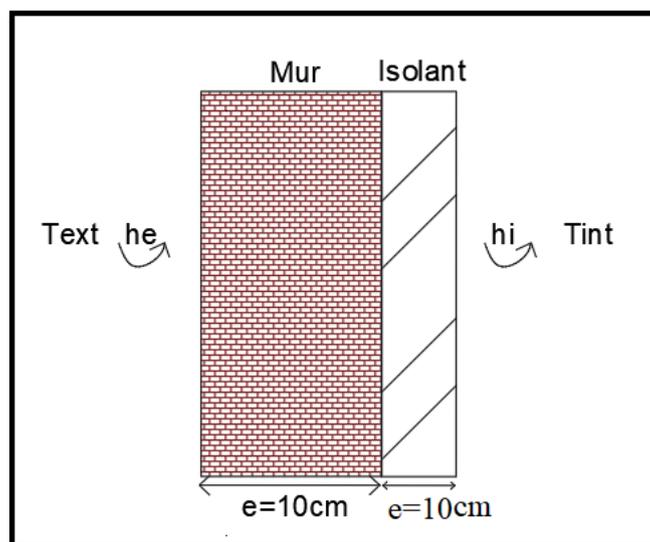


Figure 13: configuration des parois extérieures de la tour C

✚ Formules utilisées :

$$H = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{e_{mur}}{\lambda_{mur}} + \frac{e_{isolant}}{\lambda_{isolant}} + \frac{1}{h_i}}$$

Avec :

**e** : épaisseur en (cm)

**he** : coefficient de convection extérieure en (W/m<sup>2</sup>.K) (**16.7 W/m<sup>2</sup>.K** considéré pour le calcul)

**hi** : coefficient de convection intérieure en (W/m<sup>2</sup>.K) (**9 W/m<sup>2</sup>.K** considéré pour le calcul)

**λ** : conductivité thermique en (W/m.K)

✚ Calcul du coefficient global de transmission

Tableau 13: valeurs des coefficients globaux de transmissions avec isolant

Caractéristique des parois	H(W/K.m2)
murs/plafond + isolant1	0.59742951
murs/plafond + isolant2	0.65831099
murs/plafond + isolant1 avec un local	0.57968712
murs/plafond + isolant2 avec un local	0.63683325

Tableau 14: prix des isolants et coefficients de conductivité

Types	BétonClim	Polystyrène expansé	Plyuréthane expansé	Laine de verre	Laine de roche
Conductivité (W/m.K)	0.17	0.034	0.025	0.038	0.039
Prix (m <sup>2</sup> )	39000	8450	13000	13650	16250

## 8. Résultat du calcul des charges thermiques du bâtiment

### a) Informations essentielles du bâtiment pour le calcul des charges thermiques

Tableau 15: données de base calcul des charges thermiques

type de paroi	béton enduit epaisseur 10 cm
	paroi opaque lourde
surfaces parois	longueur tour C: 42.90 m
	largeur tour C: 24.70 m
	hauteur de l'immeuble: environ 100 m
surface au sol	25000 m <sup>2</sup>
vitre	simple vitrage
masques	pas de masques aux alentours

### b) Données de base pour le calcul des charges thermiques

Pour déterminer la charge thermique totale du bâtiment après l'insertion de l'isolant, nous avons utilisé un ensemble de données de base essentielles pour notre dimensionnement. Ces informations, indispensables à notre analyse, comprennent les caractéristiques des matériaux, les conditions climatiques, la superficie des parois, les infiltrations d'air, les gains internes, les pertes thermiques, ainsi que les normes et réglementations en matière d'efficacité énergétique

Tableau 16: Données climatiques

Conditions de climatisation	
Temp (°C)	24
Humidité	50%
x (g/kgAS)	9.2
h (kJ/kgAS)	47.5
ϑ (m <sup>3</sup> /kg)	0.847

Tableau 17: données climatiques

Conditions externes	
Temp (°C)	32
Humidité	60%
x (g/kgAS)	18.4
h (kJ/kgAS)	79
ϑ (m3/kg)	0.89

Tableau 18: Données de départ

Caractéristique des parois	H(W/K.m2)
murs (enduit beton intérieur et extérieur)	3.1
vitrages simple chassis métallique	5.8
plafonds	3.1
vitrage double chassis métallique	3.8

### c) Orientation du bâtiment

Grâce au matériel mis à notre disposition, nous avons pu collecter des données sur le terrain nécessaire au calcul total de notre charge thermique. Cela inclut notamment l'orientation du bâtiment, que nous avons déterminée à l'aide d'une boussole, un élément essentiel pour un dimensionnement précis. Le bâtiment est orienté comme suit :

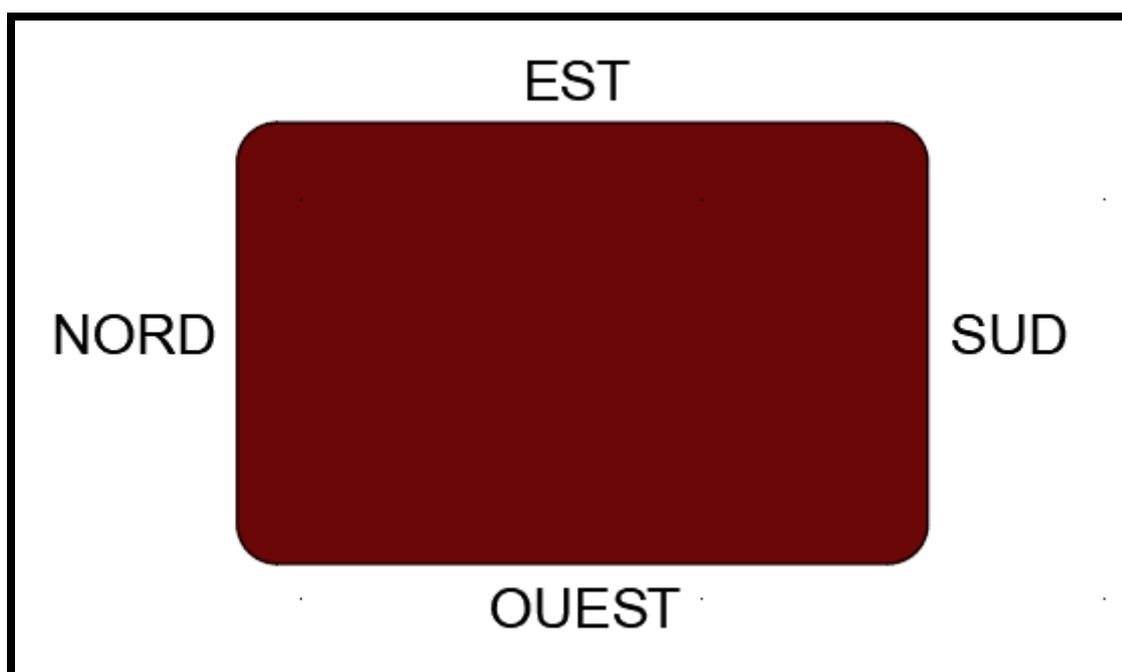


Figure 14: orientation du bâtiment

*d) Charges totales thermiques obtenues avec l'isolation*

Pour le calcul des charges thermiques totales du bâtiment avec isolation, nous avons choisi de comparer principalement deux isolants couramment utilisés, en raison de leurs nombreux avantages. Nous avons donc élaboré un scénario consistant à calculer les charges thermiques en considérant l'utilisation exclusive du polystyrène ou de la laine de verre comme isolant pour l'ensemble de l'immeuble. Les résultats obtenus pour chaque option nous permettront d'évaluer les performances techniques et économiques de chacun, ainsi que les gains thermiques associés à chaque solution.

*Tableau 19: Résultats après isolation*

Puissances	Résultats	
Puissance frigorifique en (kW) sans isolation extérieur	3450	3450
Puissance frigorifique en (kW) avec isolation extérieur	2309.1	2368.11

**9. Gain d'énergie réalisé**

Ces résultats ont été obtenus en comparant la charge initiale de climatisation avec celle mesurée après l'application de l'isolation. Cela démontre l'efficacité de ces matériaux pour améliorer le confort thermique et réduire la consommation d'énergie

*Tableau 20: gain d'énergies réalisés avec isolation dans les deux cas*

	Polystyrène	Laine de verre
Gain d'énergie en (kWh) journalier	7986.3	7573.23
Gain d'énergie en (kWh) mensuel	183684.9	174184.29

### C. CAS 3 : sensibilisation sur les bonnes pratiques pour des gains thermiques au personnel

Ces mesures d'économie d'énergie, qui engendrent des coûts presque nuls, sont des solutions permettant de gérer l'énergie de manière plus rationnelle tout en préservant le même niveau de confort. Les efforts pour économiser de l'énergie reposent sur les recommandations suivantes :

#### 1. Au niveau de la climatisation

- Toujours fermer les portes des bureaux pour éviter les pertes d'air frais.
- Utiliser la climatisation uniquement lorsque cela est nécessaire.
- Éteindre systématiquement la climatisation après les heures de travail ou lors d'absences prolongées.



*Figure 15: Actions à effectuer pour des gains d'énergies*



Figure 16: Actions à effectuer pour des gains d'énergies

2. **Au niveau de la bureautique, l'électroménager et les multimédias**

Sensibiliser le ministère à utiliser des appareils labellisés. Aujourd'hui, chaque appareil électroménager est doté d'une étiquette énergétique, qui classe les appareils de A à G. Les appareils de classe A (notamment AAA, A+ et A++) sont beaucoup plus économes en énergie et moins polluants. En revanche, les appareils de classe B à G sont moins performants, et ceux de classe G, étant très énergivores, sont à éviter. Le label énergétique se présente comme suit.



Figure 17: grille énergétique

3. **Proposition technique pour l'éclairage**

- Éteindre les lumières lors d'absences prolongées.
- Éteindre systématiquement les lumières après les heures de travail.
- Utiliser l'éclairage uniquement en cas de besoin, et privilégier la lumière naturelle pendant la journée.



Figure 18: Actions à effectuer pour des gains d'énergies

Les solutions d'éclairage modernes vont au-delà de la simple fonction d'allumer et d'éteindre la lumière. En choisissant des équipements et systèmes plus récents et plus efficaces, tout en respectant les normes d'éclairage, il est possible de réaliser d'importantes économies d'énergie. De plus, ces investissements sont rapidement rentables et contribuent à améliorer à la fois la qualité de l'éclairage et la performance énergétique des bâtiments.

### a) *Détecteurs de présence*

Dans les bâtiments tertiaires, résidentiels ou industriels, certaines zones non occupées, comme les couloirs, les escaliers, les paliers, les entrepôts et les locaux techniques, ne nécessitent pas un éclairage permanent. Cela n'inclut pas l'éclairage de sécurité, qui est indispensable dans tous les bâtiments accueillant des personnes et/ou des travailleurs. Pour éviter les allumages inutiles et économiser de l'énergie, il peut être judicieux d'installer des détecteurs de présence. Ces dispositifs, grâce à diverses technologies et composants électroniques, contrôlent l'allumage et l'extinction des lumières en fonction de la présence de personnes. Ils fonctionnent en détectant la chaleur émise par une personne grâce à des capteurs intégrés.

Les détecteurs de présence peuvent être intégrés dans les luminaires ou installés séparément. Ils peuvent contrôler un ou plusieurs appareils d'éclairage et être connectés à des systèmes de gestion centralisée. Ainsi, l'éclairage s'ajuste automatiquement en fonction de la présence ou de l'absence de personnes dans les différentes zones du bâtiment.



Figure 19: détecteur de présence

b) *Les capteurs de lumières*

Tous les espaces d'un bâtiment n'ont pas les mêmes besoins en éclairage, que ce soit dans les parkings, les halls d'entrée, les zones proches des fenêtres ou les cages d'escalier. Il est donc fortement recommandé d'ajuster l'éclairage en fonction du niveau de lumière naturelle disponible. Cela peut être réalisé grâce à l'installation de capteurs de lumière, qui permettent également de réduire les allumages inutiles.

Les capteurs de lumière, qu'ils soient associés ou non à des détecteurs de présence, mesurent la quantité de lumière naturelle dans une zone et ajustent l'éclairage artificiel en conséquence pour maintenir le niveau d'éclairement désiré. Cette régulation automatique améliore le confort des occupants et permet de réaliser des économies d'énergie. En termes d'investissement et de mise en œuvre, l'installation de ces détecteurs est relativement simple et peu coûteuse.



Figure 20: capteur de lumière

### c) *Dépoussiérer les dispositifs d'éclairages*

Il est essentiel de nettoyer régulièrement les ampoules et les luminaires pour garantir leur performance optimale. En effet, une accumulation de poussière et de saleté sur ces équipements peut significativement réduire leur efficacité lumineuse. À puissance égale, un luminaire encrassé peut émettre jusqu'à 40 % de lumière en moins par rapport à un luminaire propre. Cette perte de luminosité non seulement diminue la qualité de l'éclairage, mais peut également entraîner une surconsommation énergétique, car il devient nécessaire d'utiliser des sources de lumière supplémentaires pour compenser la baisse de performance. En assurant un nettoyage régulier, vous préservez ainsi l'intensité lumineuse de vos installations et améliorez l'efficacité énergétique globale de votre système d'éclairage.

### d) *Interrupteur horaire*

L'interrupteur horaire permet de contrôler l'ouverture ou la fermeture d'un ou plusieurs circuits électriques selon une programmation définie par l'utilisateur. Cette programmation consiste à établir des plages horaires spécifiques pour le fonctionnement ou l'arrêt des équipements. L'interrupteur horaire peut ainsi être utilisé pour gérer automatiquement la mise en marche et l'arrêt d'un circuit d'éclairage ou de prises électriques.

Cette technologie peut également être appliquée aux prises électriques pour interrompre leur alimentation à des moments prédéfinis. Cela aide à éviter une consommation excessive d'énergie pendant les périodes de pointe. Par exemple, certains employés peuvent oublier d'éteindre leur ordinateur ou laisser leurs appareils allumés pour des téléchargements non liés au travail. En utilisant un interrupteur horaire, vous pouvez réduire cette consommation inutile en assurant que l'alimentation des prises est coupée lorsque les équipements ne sont pas utilisés.



Figure 21: interrupteur horaire

## D. CAS 4 : utilisation d'un système intelligent pour l'efficacité énergétique (GTB)

### 1. Composants de base d'une GTB

- **Capteurs** : Dispositifs mesurant des paramètres comme la température, l'humidité, la lumière, la qualité de l'air, etc.
- **Actionneurs** : Éléments qui exécutent des actions, tels que des vannes, des moteurs ou des relais, pour contrôler les systèmes (chauffage, ventilation, climatisation, éclairage).
- **Automates programmables** : Systèmes qui gèrent et automatisent les différents équipements et processus du bâtiment.
- **Interfaces utilisateur** : Écrans, tableaux de bord ou applications permettant aux utilisateurs de surveiller et de contrôler les systèmes GTB.
- **Réseau de communication** : Infrastructure permettant la communication entre les différents composants de la GTB (protocoles comme BACnet, Modbus, etc.).
- **Logiciel de gestion** : Programme permettant d'analyser les données, de générer des rapports et d'optimiser le fonctionnement des systèmes.
- **Systèmes de sécurité** : Éléments pour surveiller et protéger le bâtiment, tels que des alarmes, des caméras de surveillance, et des contrôles d'accès.

2. Schéma de principe général de la GTB

La (**GTB**) est un système intégré permettant de contrôler et d’optimiser les équipements techniques d’un bâtiment, comme le chauffage, la ventilation, la climatisation (CVC), l’éclairage, la sécurité, et la gestion de l’énergie. Elle repose sur des capteurs qui mesurent des paramètres tels que la température, l’humidité, la luminosité, etc. Ces capteurs transmettent les données à un automate, qui centralise et analyse l’information. L’automate prend des décisions en fonction de ces données et envoie des **ordres** aux **récepteurs** ou actionneurs (comme des thermostats ou des moteurs de ventilation) pour ajuster les systèmes du bâtiment. Ce processus permet ainsi d’optimiser le confort, la sécurité et la performance énergétique du bâtiment en temps réel.

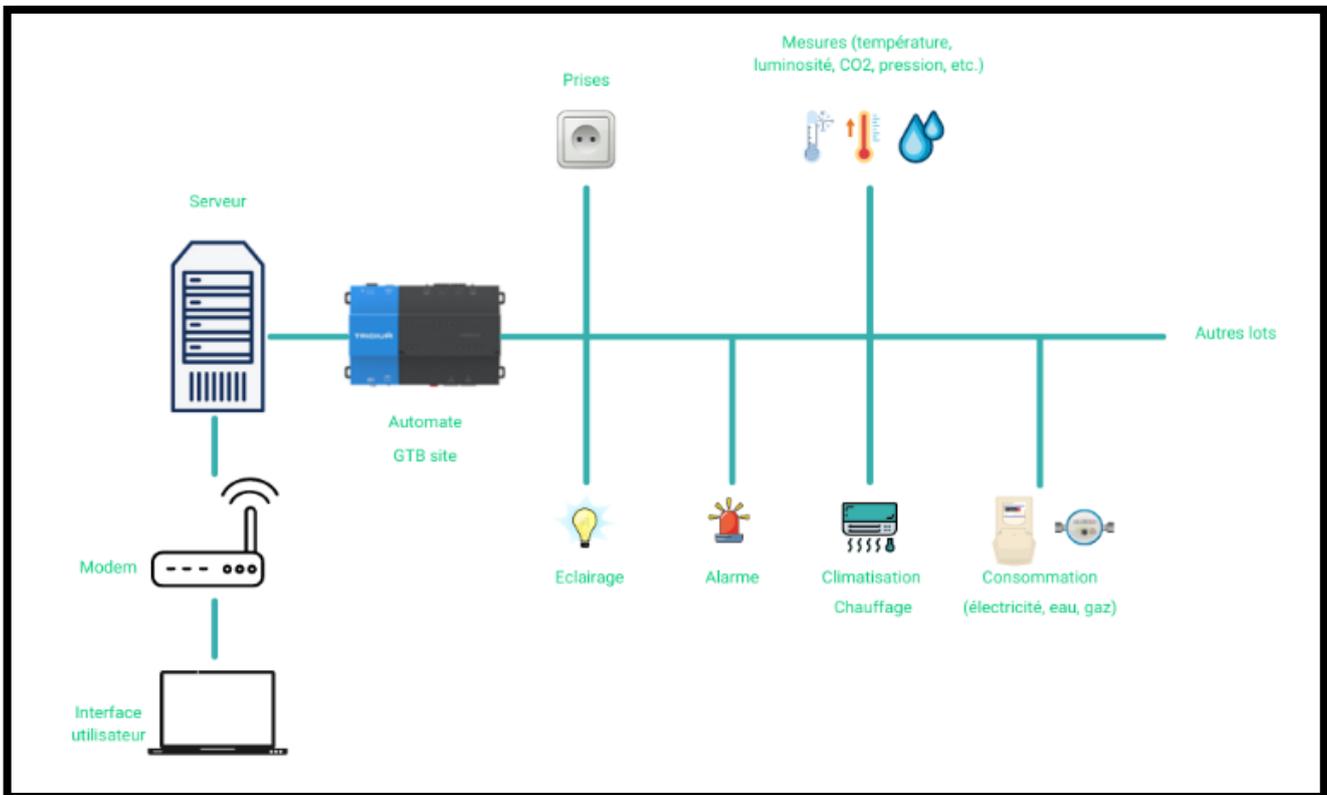


Figure 22: schéma descriptif des éléments constitutifs de la GTB



priorité différents en fonction de la gravité de la situation. Par exemple, une surchauffe dans une unité de climatisation ou une pression anormale dans le réseau de chauffage peut déclencher une alarme de haute priorité, tandis qu'une consommation énergétique excessive pourrait être une alerte de maintenance préventive. Ce système de détection des défauts permet également de créer un historique des événements qui inclut toutes les anomalies détectées, ainsi que les actions entreprises par les équipes de maintenance. Ces rapports sont essentiels pour l'analyse des performances à long terme, permettant aux gestionnaires du bâtiment de suivre l'efficacité des équipements et de planifier des interventions préventives pour éviter des pannes futures. Par ailleurs, cette approche permet de réduire les temps d'indisponibilité des équipements et de garantir que les systèmes de confort du bâtiment restent opérationnels tout en maintenant un environnement de travail sécurisé pour les occupants. En résumé, le système de GTB de la Tour C ne contrôle pas directement les équipements comme les luminaires ou les climatiseurs, mais se concentre sur la détection des anomalies, la gestion des alarmes, et la surveillance des performances des systèmes. Cette approche permet d'identifier rapidement les défauts, d'alerter les équipes de maintenance, de réduire les coûts de réparation imprévus et de garantir une gestion plus efficace et proactive des installations techniques du bâtiment.

#### 4. Proposition d'un mini programme GTB pour la tour C

Dans le cadre de la gestion de la consommation énergétique de la Tour C, nous avons développé un mini-programme destiné à agir directement sur les luminaires, la climatisation et la ventilation de l'immeuble. Ce système, conçu pour optimiser la consommation d'énergie, s'appuie sur un automate programmable capable de gérer les équipements de 27 niveaux différents du bâtiment, en tenant compte des entrées et des sorties provenant de capteurs et des dispositifs de commande des équipements.

##### ❖ Composants et Fonctionnement du Système

Le programme utilise un automate de 16 entrées et 8 sorties et 3 modules d'extensions de 8 entrées et 8 sorties pour prendre les informations des équipements présents à chaque niveau de la tour. Les entrées sont reliées aux capteurs installés sur les différents équipements (luminaires, climatiseurs, ventilateurs, etc.), tandis que les sorties sont connectées aux disjoncteurs de protection de niveaux dans les tableaux divisionnaires normaux (TDN) qui alimentent les équipements. Le programme fonctionne selon un principe horaire, basé sur des horloges définies comme adresses d'entrée. Ces horloges permettent de programmer une plage horaire de fonctionnement, de 7h à 19h.

Durant cette plage horaire, les équipements sont maintenus en fonctionnement, en fonction des informations reçues des capteurs (présence, température, etc.). Dès que l'heure dépasse 19h, l'horloge envoie un ordre d'arrêt aux équipements concernés. Bien que le système soit conçu pour se couper automatiquement à **19h** (heure de départ des fonctionnaires), ce bouton poussoir permet de prolonger le fonctionnement au-delà de cette heure si nécessaire. L'utilisateur peut ainsi décider, en fonction des besoins imprévus, de maintenir les appareils en marche après **19h** en appuyant sur ce bouton. Cela offre une flexibilité maximale tout en respectant les horaires de base, avec un contrôle manuel permettant de gérer les situations exceptionnelles.

### ❖ Mécanisme de Commande et Arrêt des Équipements

L'arrêt des équipements après 19h est assuré par un mécanisme simple de commande des contacteurs. L'automate, après avoir reçu l'ordre de l'horloge, envoie un signal à la bobine des contacteurs, qui ferme les contacts auxiliaires, coupant ainsi l'alimentation des différents équipements (luminaires, climatisation, ventilation). Ce système permet donc de désactiver automatiquement les équipements en fin de journée, sans intervention humaine nécessaire.

### ❖ Optimisation de la Consommation Énergétique

Ce mini-programme a pour objectif principal de réduire la consommation énergétique de la Tour C, en particulier les gaspillages liés aux équipements laissés en fonctionnement inutilement. En effet, dans un environnement professionnel comme celui d'une tour de bureaux, il est fréquent que les occupants oublient d'éteindre les luminaires ou les systèmes de climatisation en fin de journée. Ces oublis, souvent dus à la précipitation en fin de journée ou à un manque de vigilance, conduisent à une consommation énergétique excessive, qui peut peser sur les coûts opérationnels du bâtiment. En automatisant l'arrêt des équipements après 19h, ce système permet d'assurer que les lumières et la climatisation sont éteintes en dehors des heures d'occupation des bureaux, contribuant ainsi à une gestion plus efficace de l'énergie. Cela non seulement permet de réduire les coûts énergétiques, mais aussi de participer à une démarche de réduction de l'empreinte carbone du bâtiment.

### ❖ Bénéfices Attendus

**Réduction de la consommation énergétique** : Le programme garantit que les équipements non nécessaires (luminaires, climatisation, ventilation) sont systématiquement éteints après 19h, ce qui évite le gaspillage d'énergie.

**Automatisation** : Le système fonctionne de manière autonome sans nécessiter d'intervention humaine pour éteindre les équipements, réduisant ainsi les risques d'oublis.

**Optimisation des coûts** : En réduisant la consommation énergétique, ce système permet de diminuer les coûts associés à l'éclairage et à la climatisation des bureaux et espaces communs en dehors des heures d'occupation.

**Amélioration de la gestion de l'énergie du bâtiment** : L'automatisation de l'arrêt des équipements permet de gérer de manière plus précise la consommation d'énergie et d'assurer que le bâtiment fonctionne de manière plus durable et économe.

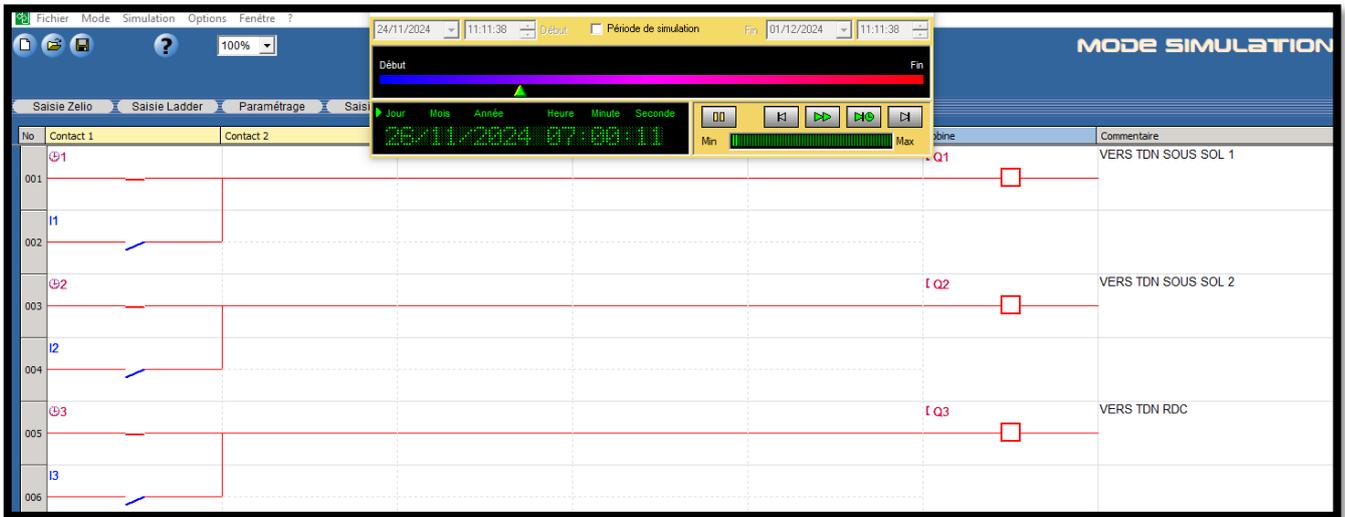


Figure 25: Simulation du mini programme avant 19h

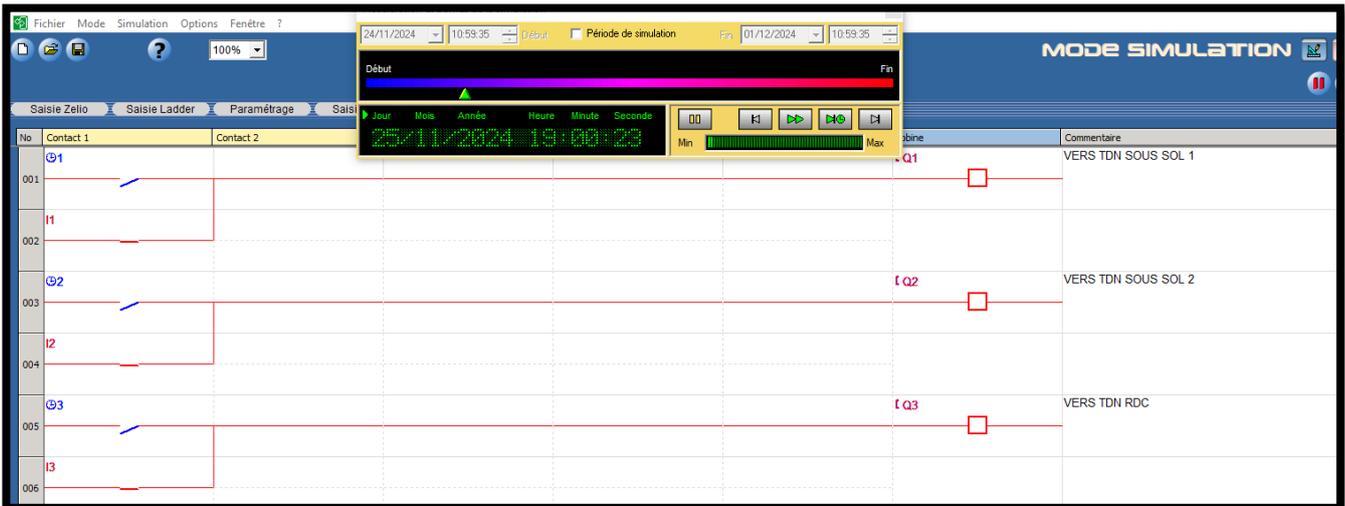


Figure 24: fonctionnement en commande manuel après 19h

# AUDIT ENERGETIQUE DE LA TOUR C DE LA CITE ADMINISTRATIVE DU PLATEAU

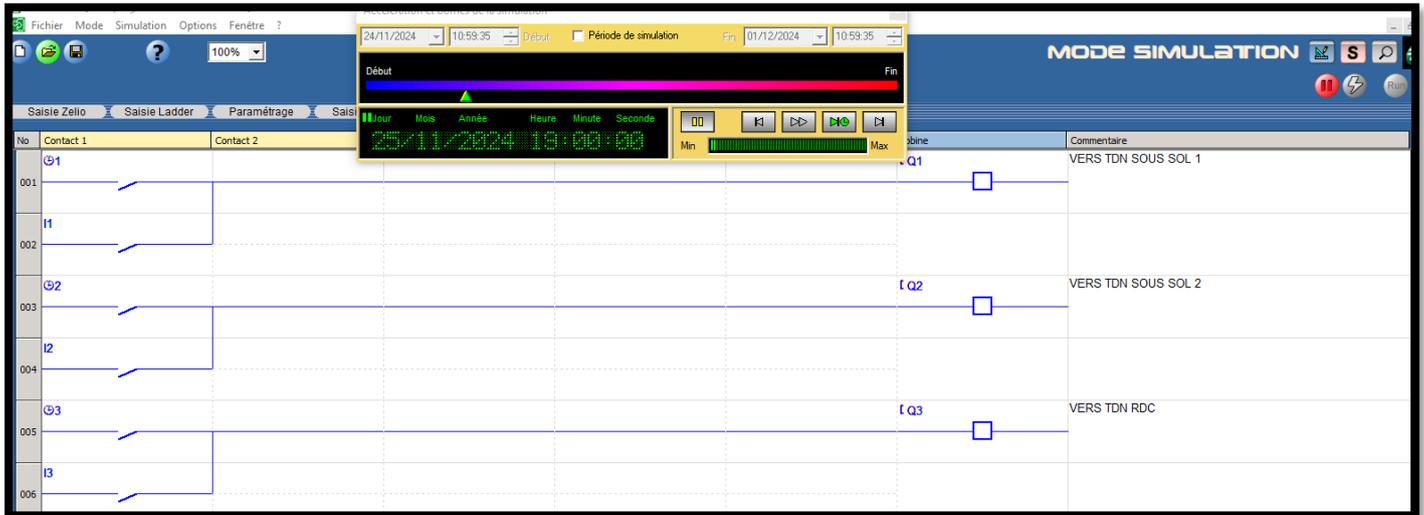


Figure 26: simulation du programme pour un jour non ouvrable



Figure 27: coupure du mini programme à 19h

5. Synoptique de l'installation proposée

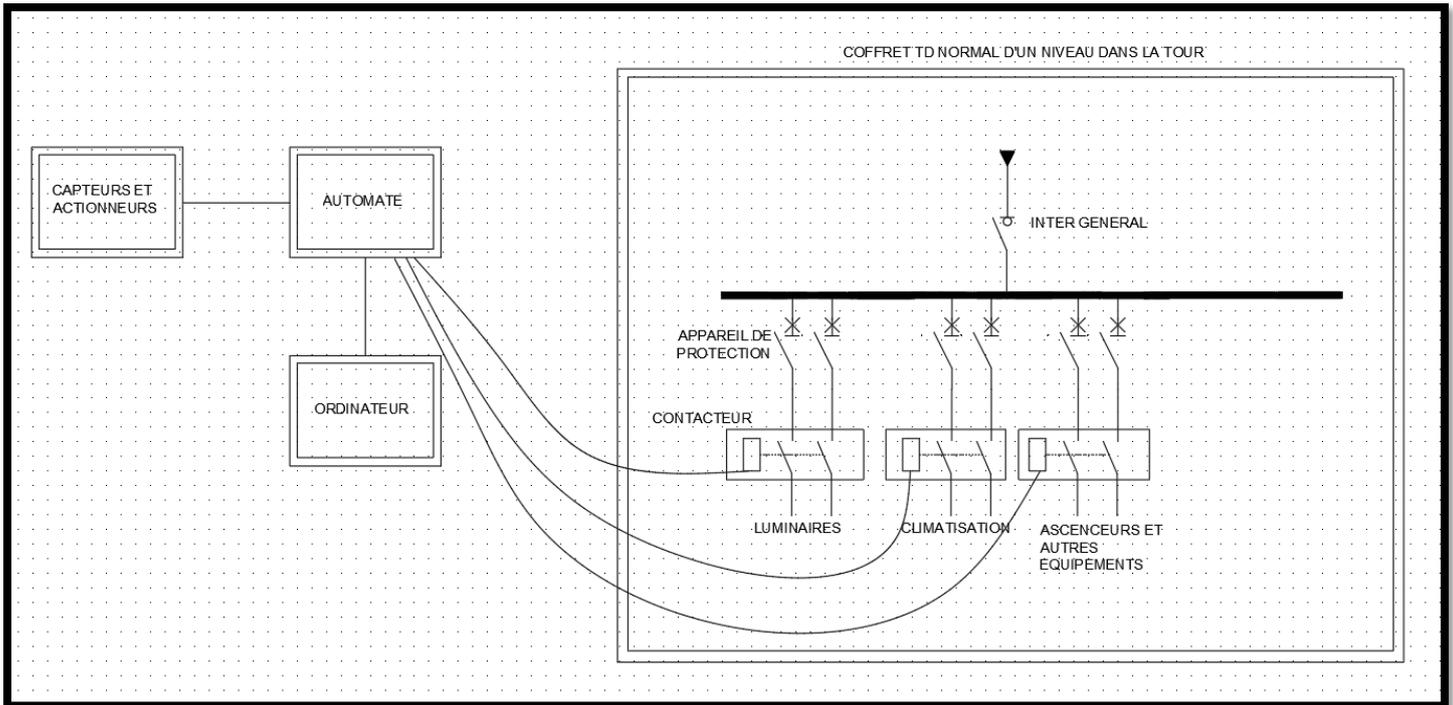


Figure 28: synoptique du mini programme pour la GTB proposé

6. Gain d'énergie réalisé avec la GTB

D'après les données recueillies auprès des agents techniques de la tour, il a été constaté que l'heure maximale de départ des employés est fixée à **19h**, bien que l'heure de descente normale soit à **16h**. Les groupes froids continuent de fonctionner après 16h pour la production d'eau glacée, car les tarifs d'électricité sont moins coûteux pendant cette période. Cependant, il a été omis par les agents que de **19h30 à 22h30**, la consommation énergétique entre dans une période de **heures de pointe**, ce qui entraîne une augmentation significative de la facture énergétique. Pour remédier à cette situation, nous avons proposé un programme (GTB) qui arrêtera tous les équipements à partir de **19h**, afin de limiter la consommation pendant les heures de pointe. Nous recommandons également que, pendant les plages horaires de **pauses (12h-14h)** et de **départ (16h-19h)**, les **groupes froids** soient utilisés pour la production d'eau glacée. Cela permettrait d'optimiser la consommation énergétique de la tour C, tout en maintenant une gestion efficace de l'énergie.

Les **gains énergétiques** potentiels de cette optimisation sont détaillés dans le tableau ci-dessous

Tableau 21: résultats gains d'énergies réalisé avec la GTB conçu

cout de l'énergie heures creuses (FCFA)	54.17
gain d'énergie journalier (FCFA)	349 234
gain d'énergie journalier en (kWh)	6447
gain d'énergie mensuel en (FCFA)	7 683 148
gain d'énergie annuel en (FCFA)	92 197 773

### E. CAS 5 : utilisation des batteries de condensateurs

Les batteries de condensateurs jouent un rôle crucial dans les systèmes électriques modernes en améliorant l'efficacité énergétique et en stabilisant les réseaux. Elles permettent de stocker de l'énergie et de la libérer rapidement, ce qui est essentiel pour compenser les pics de demande. En corrigeant le facteur de puissance, elles réduisent les pertes d'énergie dans les lignes de transmission, ce qui se traduit par des économies significatives sur les coûts d'électricité. De plus, elles aident à filtrer les harmoniques, améliorant ainsi la qualité de l'alimentation électrique. L'utilisation de batteries de condensateurs prolonge également la durée de vie des équipements électriques en minimisant les fluctuations de tension et en réduisant le stress thermique. Cela est particulièrement important dans les environnements industriels où des machines coûteuses sont utilisées. En outre, dans le contexte des énergies renouvelables, elles jouent un rôle clé dans le stockage d'énergie et la stabilisation de la production, contribuant ainsi à une transition vers des systèmes énergétiques plus durables.

Enfin les batteries de condensateurs sont essentielles non seulement pour optimiser les performances des systèmes électriques, mais aussi pour favoriser une utilisation plus respectueuse de l'environnement en réduisant l'empreinte carbone.

Étant donné que la tour C est en réhabilitation, la puissance apparente totale de l'installation sera déterminée en utilisant un facteur de puissance courant de 0,8, ce qui indique que 80 % de la puissance est utilisée efficacement et que le reste est perdu sous forme de puissance réactive. Nous proposons donc d'améliorer ce facteur de puissance à 0,93 afin de réduire les pertes. Ce choix est motivé par les avantages techniques et économiques qu'il peut apporter, notamment une meilleure efficacité énergétique et des coûts réduits sur le long terme

*Tableau 22: résultats compensation énergie réactive*

Puissances et économies	Résultats obtenus
Q initial (kVAR)	2151.984
Q cible (kVAR)	1134.025
Q compensation (kVAR)	1017.959
puissance apparente avant compensation total en (kVA)	3586.640
puissance apparente avec compensation en (kVA)	3085.282
diminution de la puissance apparente en (%)	13.978
économie d'énergie journalière en (kWh)	4 412
economie d'énergie mensuelle en (kWh)	7 010 902

En conclusion, les données obtenues montrent qu'en améliorant le facteur de puissance de 0,8 à 0,93, la puissance apparente totale de l'installation est réduite d'environ 14 %. Cela se traduit par des économies d'énergie significatives tant sur une base journalière que mensuelle (voir tableau ci-dessus). Pour réaliser cette économie d'énergie, il sera donc nécessaire d'installer des batteries de condensateurs d'une puissance totale de 1018 kVAR.

### F. Contraintes empêchant l'utilisation de l'énergie solaire parmi les solutions techniques

La configuration de la toiture terrasse de la tour pose des contraintes importantes liées à son aménagement. En raison de l'étroitesse de cet espace, plusieurs installations techniques essentielles occupent une grande partie de la surface. Parmi celles-ci figurent des paratonnerres, des balises aériennes destinées à signaler la présence du bâtiment aux avions, ainsi que des groupes froids nécessaires au système de climatisation et des dispositifs de désenfumage pour assurer la sécurité incendie. En conséquence, l'espace libre disponible est réduit à de simples allées piétonnes, limitées à la circulation des usagers, ce qui rend l'installation de modules, comme des panneaux solaires, non seulement difficile, mais pratiquement irréalisable.

En outre, la tour est située dans une zone administrativement dense, où plusieurs autres tours administratives se trouvent à proximité immédiate. Cette forte concentration de bâtiments voisins, combinée à l'absence d'espace libre autour, restreint encore davantage les possibilités d'aménagement. Au niveau du sol, l'espace disponible pour l'implantation de solutions techniques, telles que des modules, est également extrêmement limité, ce qui complique encore la mise en place de telles installations, qu'elles soient sur le toit ou au sol.

La figure ci-dessous illustre la configuration de ces équipements sur la toiture.

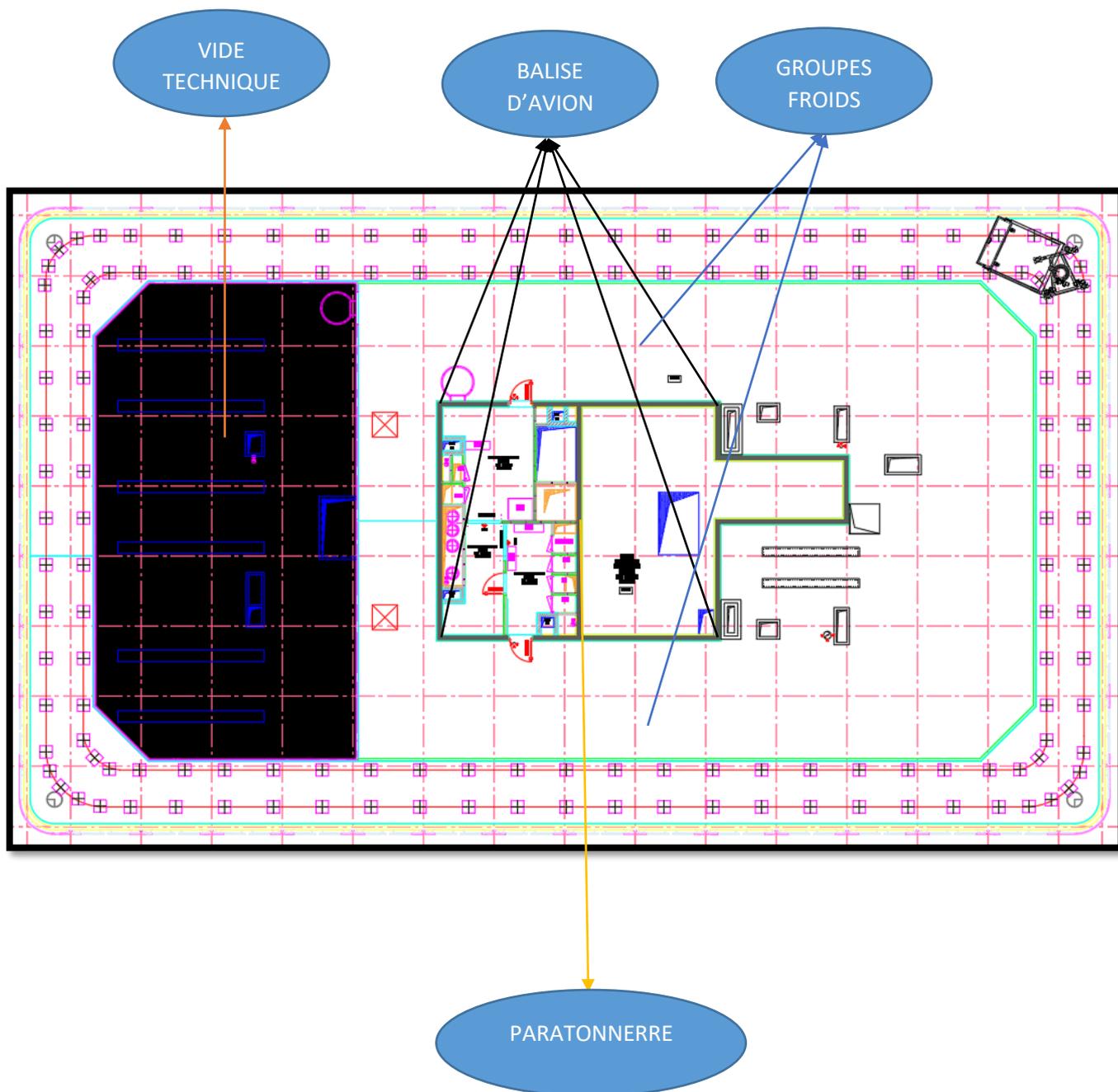


Figure 29: Emplacement des différents équipements sur la toiture

### VI. ETUDE DE FAISABILITE FINANCIERE

Dans cette section, nous examinerons les aspects généraux de la facturation HTA en Côte d'Ivoire. Nous analyserons également les résultats issus des diverses solutions proposées, en mettant en lumière les investissements nécessaires ainsi que les économies potentielles en termes financiers une fois ces solutions mises en œuvre.

#### A. Généralités sur la facturation HTA

##### 1. Les éléments essentiels de la facture HTA

Le montant à facturer à chaque client Haute tension pour sa consommation mensuelle d'électricité, est la somme des redevances calculées en fonction des éléments suivants :

- ❖ Le prix de vente du kWh ;
- ❖ La consommation de l'électricité ;
- ❖ L'option tarifaire ;
- ❖ Les puissances souscrites ;
- ❖ Les puissances atteintes ;
- ❖ Le facteur de puissance.

Total à payer : il s'obtient en ajoutant au Montant des consommations :

- ❖ La Prime fixe mensuelle ;
- ❖ Les frais de location ;
- ❖ La redevance RTI ;
- ❖ (Éventuellement) les pénalités.

##### 2. Politique tarifaire

Il n'existe pas de mécanisme universel de facturation de l'énergie électrique. Chaque pays adopte généralement un principe qui lui est propre, prenant en compte la nature de ses moyens de production et le comportement des consommateurs. On distingue en Côte d'Ivoire sept (7) catégories tarifaires :

- ❖ Le tarif domestique modéré basse tension ;
- ❖ Le tarif domestique général basse tension ;
- ❖ Le tarif professionnel général basse tension ;
- ❖ Le tarif domestique conventionnel basse tension ;
- ❖ Le tarif éclairage public basse tension ;
- ❖ **Les tarifs en moyenne tension ;**
- ❖ Les tarifs en haute tension.

Dans notre cas c'est le tarif en moyenne tension qui est appliqué sur la Tour. Les tranches horaires de facturation en moyenne Tension se présentent comme suit

**3. Tranches horaires de facturation**

Les **tranches horaires de facturation** désignent des périodes spécifiques de la journée ou de la semaine où la consommation d'énergie est facturée à des **tarifs différents** en fonction de la demande. Ce système est utilisé pour encourager les consommateurs à moduler leur consommation selon les moments de la journée où l'offre est plus abondante ou moins coûteuse, afin de lisser la demande énergétique **et** optimiser les coûts. Parmi les principales formes de tarification, on trouve la tarification heures pleines / heures creuses (HP/HC), où les heures creuses (souvent la nuit) bénéficient de tarifs réduits pour inciter à la consommation en dehors des heures de pointe, comme de 22 h à 6 h. Il existe également des systèmes de tarification dynamique, qui ajustent les prix en temps réel en fonction de l'offre et de la demande du marché, ou des tarifications saisonnières, où les prix varient selon la saison, comme en hiver pour la demande de chauffage. Pour les entreprises et grands consommateurs, des tranches horaires spécifiques peuvent être définies pour mieux correspondre à leurs besoins opérationnels. En optimisant la consommation pendant les heures creuses, les utilisateurs peuvent réduire leurs coûts d'énergie, ce qui permet également de gérer plus efficacement les pics de consommation et d'améliorer la stabilité du réseau énergétique.

Le tableau ci-dessous montre un peu les tranches horaires de facturation établie par la (CIE).

*Tableau 23: tableau illustrant les tranches horaires ainsi que les types d'utilisations*

Heures pleines	07h30 à 19h30 et 23h00 à 00h
Heures de pointe	19h30 à 23h00
Heures creuses	00h à 07h30
Courte utilisation	Nombre d'heures d'utilisation de la puissance souscrite inférieur à 1000 heures
Général	Nombre d'heures d'utilisation de la puissance souscrite compris entre 1000 heures et 5000 heures
Longue utilisation	Nombre d'heures d'utilisation de la puissance souscrite supérieur à 5000 heures

4. Tarifs en moyenne tension

Pour le calcul des gains financiers, nous avons utilisé le **tableau de tarification en MT** établi par la CIE, étant donné que la tour est alimentée en MT. Nous avons appliqué le **tarif général** car c'est sur cette base que la tour est actuellement facturée par la CIE

Tableau 24: tarification MT en COTE D'IVOIRE (CIE)

TARIF COURTE UTILISATION	F CFA (HT)	TVA (18%)	F CFA (TTC)
Prime fixe annuelle par kW souscrit			22 800
Prix du kWh			
Jour (Heures pleines)	66,84	12,03	78,87
Pointe (heures de pleines)	103,42	18,62	122,04
Nuit (heures creuses)	48,02	8,64	56,66
Redevance électrification rurale annuelle par kW souscrit			1870
TARIF GENERAL	F CFA (HT)	TVA (18%)	F CFA (TTC)
Prime fixe annuelle par kW souscrit			31 380
Prix du kWh			
Jour (Heures pleines)	58,55	10,54	69,09
Pointe (heures de pleines)	79,84	14,37	94,21
Nuit (heures creuses)	48,45	8,72	57,17
Redevance électrification rurale annuelle par kW souscrit			1870
TARIF LONGUE UTILISATION	F CFA (HT)	TVA (18%)	F CFA (TTC)
Prime fixe annuelle par kW souscrit			45 600
Prix du kWh			
Jour (Heures pleines)	56,19	10,11	66,3
Pointe (heures de pleines)	71,38	12,85	84,23
Nuit (heures creuses)	48,85	8,79	57,64
Redevance électrification rurale annuelle par kW souscrit			1870

5. Résultats des précédentes études

a) Remplacement des lampes fluorescents économique LED

L'analyse des données de consommation énergétique des luminaires révèle un contraste significatif entre l'existant et les nouveaux luminaires. La consommation énergétique des luminaires actuels est de 2 658,894 kWh par jour, tandis que celle des nouveaux luminaires est de 1 785,42 kWh par jour. Cette différence de 873,474 kWh indique une réduction substantielle de la consommation, représentant environ 32,8 %.

Cette réduction est particulièrement pertinente dans un contexte où l'efficacité énergétique est cruciale pour réduire les coûts d'exploitation et l'empreinte carbone. Économiquement, une

baisse de cette ampleur se traduit par des économies notables sur les factures d'électricité, permettant ainsi de libérer des ressources financières pour d'autres investissements. En outre, cette diminution de la consommation énergétique contribue à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, renforçant les efforts vers une approche plus durable. L'adoption de nouveaux luminaires, souvent plus efficaces et conçus pour offrir une meilleure performance lumineuse, peut également améliorer la qualité de l'éclairage, augmentant ainsi le confort visuel dans les espaces concernés. De plus, des luminaires plus efficaces peuvent nécessiter moins d'entretien, prolongeant la durée de vie des installations. En conclusion, ces résultats soulignent l'importance d'investir dans des solutions d'éclairage modernes pour optimiser la consommation énergétique, réaliser des économies financières et contribuer à un avenir plus durable sur le plan environnemental.

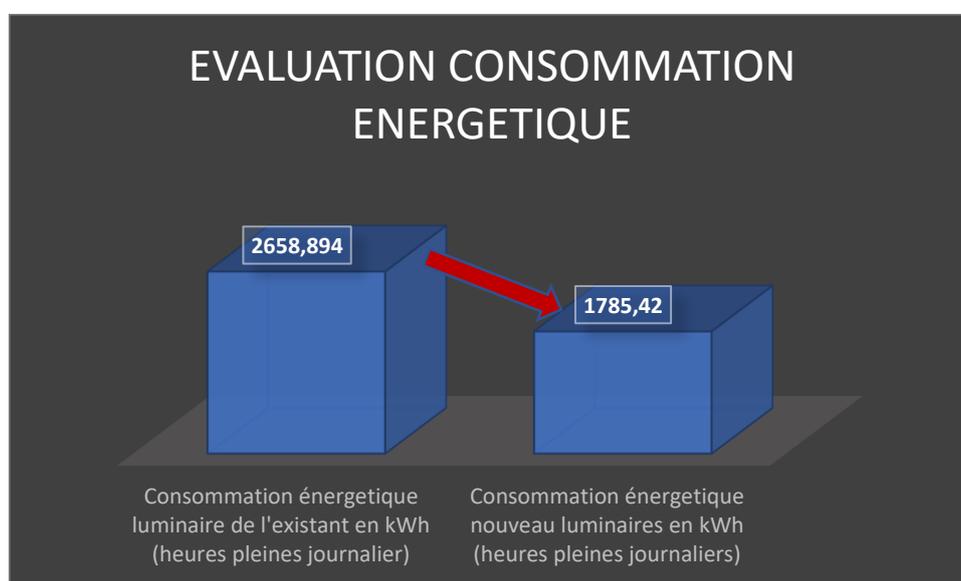


Figure 30: comparaison consommation énergétique luminaire existant par rapport aux nouveaux luminaires

### b) Ajout d'un isolant sur les parois extérieures de l'immeuble

#### ❖ Cas du polystyrène

L'analyse des données de consommation énergétique de la climatisation révèle l'impact significatif de l'isolation sur la consommation d'énergie. Sans isolation, la consommation journalière s'élève à 24 150 kWh, tandis qu'avec un isolant en polystyrène, elle descend à 16 163,7 kWh. Cette différence de 7 986,3 kWh correspond à une réduction d'environ 33,1 %.

Ce chiffre indique que l'isolation permet une diminution substantielle de la consommation énergétique. Économiquement, cette réduction peut se traduire par des économies significatives

sur les factures d'énergie, surtout dans les climats chauds où la climatisation est essentielle. Environnementalement, moins de consommation d'énergie réduit les émissions de gaz à effet de serre, contribuant ainsi à une empreinte carbone plus faible. En outre, l'absence d'isolation augmente la demande en climatisation, entraînant une surcharge sur les systèmes de refroidissement et une usure accrue. L'utilisation de polystyrène non seulement diminue la consommation énergétique, mais améliore également le confort thermique intérieur. En conclusion, ces résultats soulignent l'importance de l'isolation pour optimiser l'efficacité énergétique des systèmes de climatisation, réduisant ainsi les coûts et les impacts environnementaux associés.

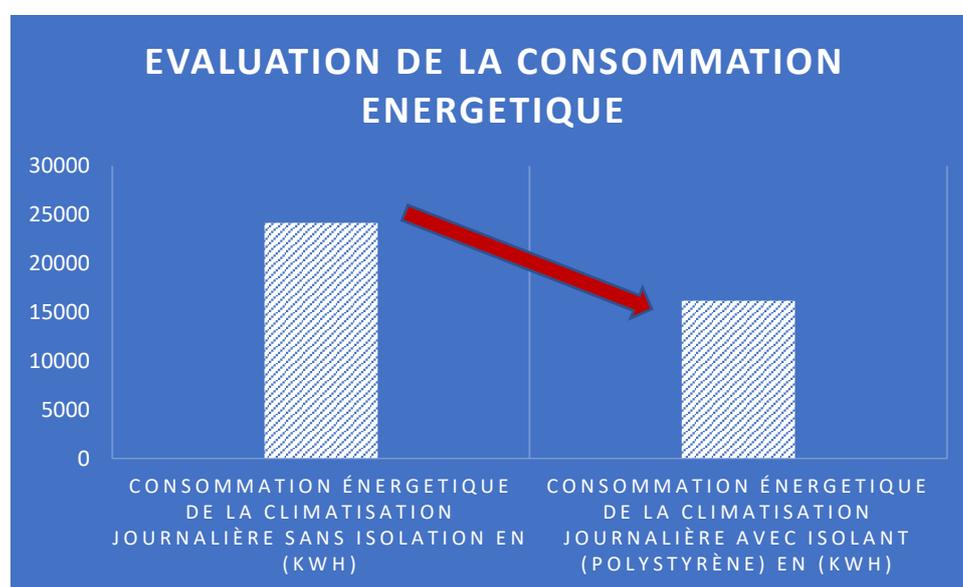


Figure 31: comparaison entre la consommation énergétique avec isolation et de l'existant

### ❖ Cas de la laine de verre

L'analyse des données de consommation énergétique de la climatisation met en évidence l'impact significatif de l'isolation sur la réduction des besoins énergétiques. La consommation journalière de climatisation sans isolation est de 24 150 kWh, tandis qu'avec un isolant en laine de verre, elle est réduite à 16 576,77 kWh. Cette différence de 7 573,23 kWh représente une réduction d'environ 31,4 %. Cette réduction substantielle illustre l'efficacité de l'isolation dans l'optimisation de la consommation énergétique des systèmes de climatisation. Économiquement, une telle diminution peut générer des économies significatives sur les factures d'énergie, particulièrement dans les régions où la climatisation est indispensable, ce qui permet de mieux gérer les coûts d'exploitation. En termes d'impact environnemental, moins de

consommation d'énergie se traduit par une réduction des émissions de gaz à effet de serre, contribuant ainsi à la lutte contre le changement climatique. De plus, une isolation adéquate, comme celle réalisée avec de la laine de verre, améliore le confort thermique intérieur, réduisant les variations de température et créant un environnement plus agréable pour les occupants. En parallèle, l'absence d'isolation entraîne une surcharge des systèmes de climatisation, ce qui peut provoquer une usure prématurée et augmenter les coûts de maintenance. En somme, ces résultats soulignent l'importance cruciale de l'isolation dans l'amélioration de l'efficacité énergétique des systèmes de climatisation, permettant de réaliser des économies financières tout en réduisant l'impact environnemental. Investir dans des solutions d'isolation performantes apparaît donc comme une stratégie essentielle pour garantir durabilité et confort.

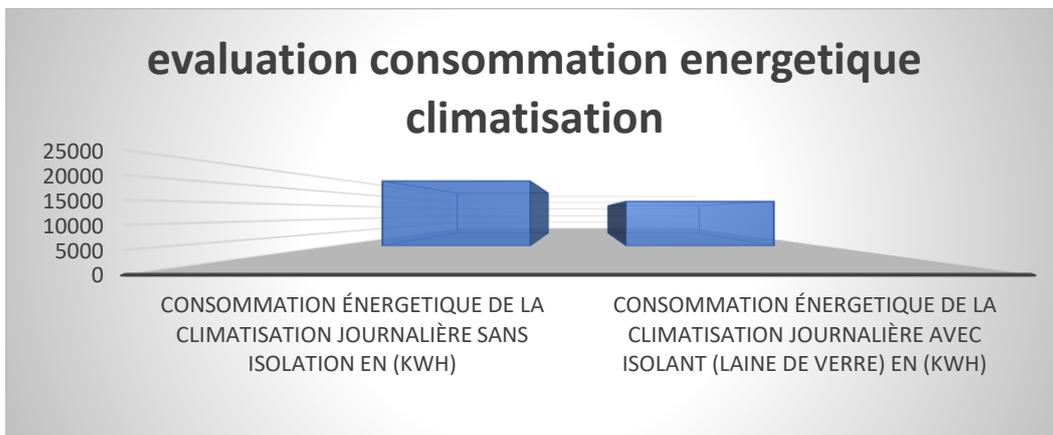


Figure 32: comparaison entre la consommation énergétique de la clim de l'optimisation et de l'existant

**B. Analyse de l'historique de la consommation énergétique**

- Analyse des factures d'électricités de la tour C des équipements fonctionnant toujours dans l'immeuble

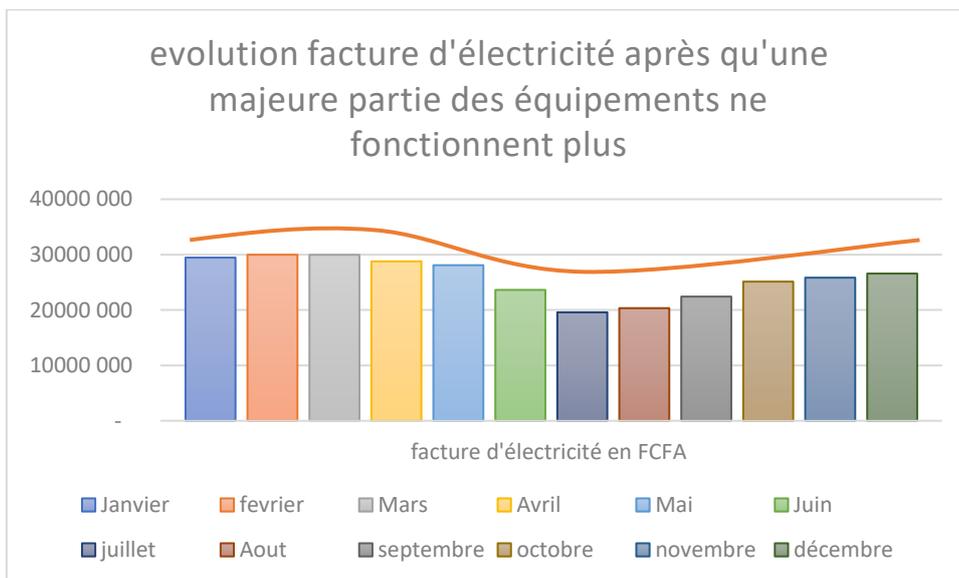


Figure 33: évaluation facture électricité de 2022

- Analyse des factures d'électricités de la tour C si tous les équipements fonctionnaient

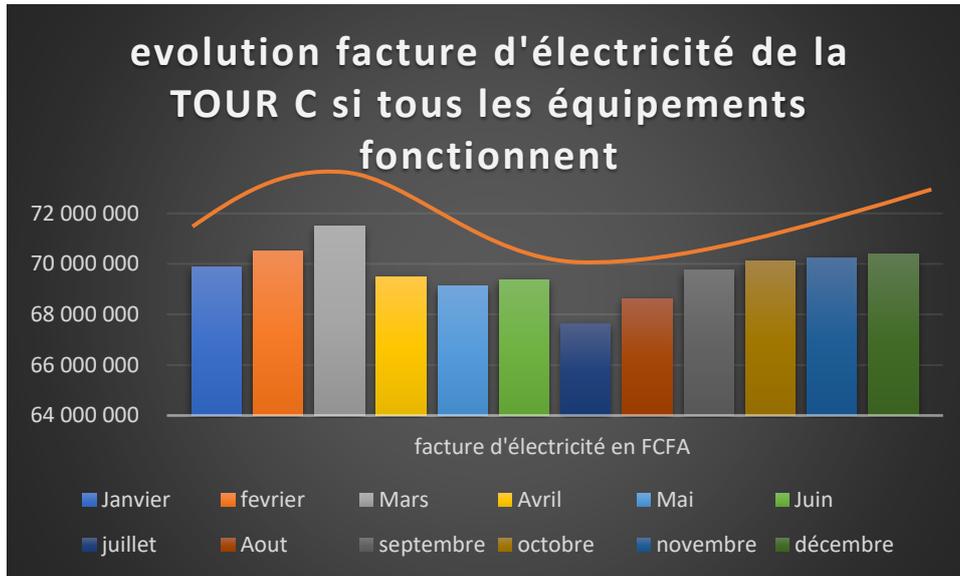


Figure 34: évaluation facture électricité si tous les équipements fonctionnent

## C. Méthode d'évaluation économique pour le choix entre solutions

### 1. Valeur actualisée nette

La (VAN) est un indicateur financier utilisé pour évaluer la rentabilité d'un investissement. Elle représente la différence entre la valeur actuelle des flux de trésorerie futurs générés par un investissement et le coût initial de cet investissement.

Le calcul de la VAN s'effectue en estimant les flux de trésorerie futurs (CF) sur une période donnée et en les actualisant à l'aide d'un taux d'actualisation ( $r$ ) qui reflète le coût du capital. La formule est la suivante :

L'interprétation de la VAN est la suivante :

- Si la VAN est supérieure à 0, l'investissement est considéré comme rentable.
- Si la VAN est égale à 0, l'investissement couvre exactement son coût.
- Si la VAN est inférieure à 0, l'investissement n'est pas rentable.

$$VAN = I - \sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1+r)^t} \quad (5)$$

Avec :

$C_t$  : flux de trésorerie net à l'année t (revenus)

$\gamma$  : taux d'actualisation en (%)

t : année du projet

I : investissement initial

❖ Explication des différents paramètres de calcul de la VAN

- Les **flux de trésorerie nets à l'année (t)**,

Également appelés **économies annuelles**, représentent les économies générées par un projet sur une base annuelle. Ces flux incluent toutes les entrées d'argent (revenus) provenant des économies réalisées, par exemple, grâce à la réduction de coûts d'énergie ou d'exploitation. Ces économies peuvent être dues à une optimisation de la consommation énergétique, une baisse des coûts de maintenance ou une amélioration de l'efficacité opérationnelle.

Dans le calcul de la (**VAN**) ou du (**TRI**), ces économies annuelles sont essentielles. Elles sont actualisées à un taux spécifique (comme un taux d'actualisation de 5%) pour refléter leur valeur future en termes actuels, en tenant compte du coût de l'argent dans le temps et des risques associés. Les flux de trésorerie annuels sont utilisés pour évaluer la rentabilité d'un projet en comparant l'investissement initial avec les économies futures générées sur la durée du projet. Pour le calcul de la VAN dans les différents cas nous avons considéré les gains financiers annuels de chaque cas comme étant les flux de trésoreries net à l'année (t).

- Le taux d'actualisation

Le choix du taux d'actualisation pour le calcul de la VAN dans le cadre de notre étude est une décision stratégique importante dans l'évaluation d'un projet, comme dans le calcul de la **Valeur Actuelle Nette (VAN)**. Ce taux est crucial car il permet de refléter le **coût de l'argent dans le temps**, les **risques** associés au projet et les **attentes de rendement** des investisseurs. Voici pourquoi on choisit un taux d'actualisation de 5%

- L'investissement

L'**investissement** dans un projet représente la somme d'argent initiale que l'on engage pour réaliser ce projet. Il englobe tous les coûts nécessaires au démarrage, à la mise en place et à l'exécution du projet, avant que des revenus ou des économies n'en découlent.

Dans le cadre d'une analyse financière, l'investissement initial est souvent le principal flux de trésorerie sortant à  $t=0$ , c'est-à-dire au moment où le projet commence.

- Année du projet (t)

L'**année du projet (t)** fait référence à chaque période dans laquelle les **flux de trésorerie** sont évalués tout au long de la durée de vie du projet. Dans le cadre d'une analyse financière, l'année (t) représente un moment spécifique dans le temps, généralement une année, où des **revenus**, des **économies**, ou des **dépenses** liées au projet sont comptabilisés.

### 2. Temps de retour sur investissement

Le (TRI) est la période nécessaire pour récupérer le coût initial d'un investissement à travers les flux de trésorerie générés. Il est souvent exprimé en années et constitue un indicateur clé pour évaluer la rentabilité d'un projet. Un TRI court est généralement souhaitable, car il signifie que l'investissement est rentable rapidement, ce qui réduit le risque associé à l'incertitude des flux futurs. En revanche, un TRI long peut être acceptable dans certaines situations, comme pour des investissements dans des zones à fort potentiel de croissance ou lorsque des revenus stables sont attendus sur le long terme. Le TRI doit être analysé en complément d'autres indicateurs financiers, tels que la valeur actualisée nette (VAN) et le taux de rentabilité interne (TRI), pour une évaluation complète de la viabilité d'un projet.

$$\text{TRI (an)} = \frac{\text{Investissement (FCFA)}}{\text{gain annuels (FCFA)}} \quad (6)$$

## D. Investissement et évaluation des impact des solutions

### 1. CAS 1 : Remplacement des lampes fluorescents par des LED

Dans le cadre des solutions techniques, notamment dans la section dédiée à l'optimisation de l'éclairage, nous avons réalisé des gains d'énergie qui nous ont permis d'estimer des économies financières. La variante 1 représente le premier scénario proposé. De manière explicite, nous souhaitons évaluer si la mise en œuvre de cette solution technique générera un bon (TRI) et une (VAN) satisfaisante par rapport à l'investissement initial.

Le tableau de résultats ci-dessous indique que le TRI est relativement long, mais cela reste acceptable compte tenu des caractéristiques d'un (IGH) d'environ 100 mètres, qui sera équipé de luminaires LED ayant une durée de vie estimée entre 10 et 15 ans.

En effet, après environ 10 ans, précisément après la 10<sup>ème</sup> année, nous commencerons à récupérer notre investissement. Cependant, il convient de noter que cette solution présente un certain niveau de risque, car la VAN est très faible. Cela constitue un indicateur important, suggérant que le projet pourrait être perçu comme risqué

*Tableau 25 : résultats scénario 1*

Gain d'énergies et investissement	résultats
Prix à payer	-269615520
investissement en (FCFA)	269 615 520
gain d'énergie journalier en (kWh)	1363.052
cout de l'énergie en (FCFA)	69.09
gain d'énergie journalier en (FCFA)	94 173
gain d'énergie mensuel en (FCFA)	2 165 985
gain d'énergie annuel en (FCFA)	25 991 820
temps de retour sur investissement (an)	10.373091
taux d'actualisation	0.05
VAN	170 689

### 2. CAS 2 : Ajout d'un isolant sur les parois de l'IGH

Dans ce deuxième scénario, qui se compose de deux mini-scénarios consacrés à l'optimisation de la climatisation par l'ajout d'isolation sur les parois extérieures, nous avons constaté d'excellents gains thermiques dans les deux cas, ainsi que de bons temps de retour sur investissement et de (VAN) favorables. Le choix entre les deux types d'isolants sera déterminé en fonction de plusieurs critères : le coût d'investissement, les économies d'énergie réalisées exprimées en FCFA, la VAN et le temps de retour sur investissement. Les résultats présentés ci-dessous illustrent clairement les gains obtenus et les économies financières potentielles associées à l'isolation des parois extérieures de l'édifice. Cette approche permettra de prendre une décision éclairée sur la solution la plus avantageuse à adopter.

#### ➤ Isolation avec polystyrène

*Tableau 26 : Résultats scénario 2 cas du polystyrène*

Gains d'énergies et investissements	résultats
espace à isoler en m2	13542.28
prix du m2 polystyrène en (FCFA)	8 450
main d'œuvre	22 886 453
sous total investissement en (FCFA)	114 432 266
investissement total en (FCFA)	137 318 719
cout de l'énergie heures creuses (FCFA)	57.17

cout de l'énergie heures pleines (FCFA)	69.09
gain d'énergie journalier heures pleines (FCFA)	867 073
gain d'énergie journalier heures creuses (FCFA)	456 577
gain d'énergie journalier en (kWh)	20536.2
gain d'énergie mensuel en (FCFA)	30 443 935
gain d'énergie annuel en (FCFA)	365 327 224
temps de retour sur investissement (mois)	4
taux d'actualisation	5%
VAN	233 498 423

➤ Isolation avec la laine de verre

Tableau 27 : Résultats scénario 2 cas de la laine de verre

Gains d'énergies et investissements	résultats
espace à isoler en m2	13542.28
prix du m2 laine de verre en (FCFA)	13650
main d'œuvre	36970424
total investissement en (FCFA)	221 822 546
cout de l'énergie heures creuses (FCFA)	57.17
cout de l'énergie heures pleines (FCFA)	69.09
gain d'énergie journalier heures pleines (FCFA)	822 226
gain d'énergie journalier heures creuses (FCFA)	432 962
gain d'énergie journalier en (kWh)	19474.02
gain d'énergie mensuel en (FCFA)	28 869 304
gain d'énergie annuel en (FCFA)	346 431 651
temps de retour sur investissement (mois)	8
taux d'actualisation	5%
VAN	108 112 359

### 3. CAS 3 : utilisation d'un système intelligent GTB

Tableau 28 : estimation financière des appareils constitutifs de la GTB conçu

	équipements	nombre	prix unitaire (FCFA)	prix total
luminaires	capteurs avec relais 10A	1054	5200	5480800
	actionneur luminaire	3	61750	185250
climatisation	capteurs avec relais 10A	420	5500	2310000
	capteurs avec relais 16A	156	8800	1372800
	capteurs avec relais de 32A	16	11000	176000
	actionneur clim	2	65000	130000
asenceurs	capteurs avec relais de 32A	10	10500	105000

## AUDIT ENERGETIQUE DE LA TOUR C DE LA CITE ADMINISTRATIVE DU PLATEAU

	actionnaire ascenceurs	1	61750	61750
	automate de 16 entrées et 8 sorties SR3B261FU avec 3 extensions de 8 E/S	1	388065	388065
	Ordinateurs hp	3	200000	600000
SOUS TOTAL				
	Main d'œuvre(10% du SOUS total)			1080967
TOTAL				11 890 632

Tableau 29 : résultats gains d'énergies réalisée avec la GTB conçue

gain d'énergie et investissements	résultats
investissement en (FCFA)	11 890 632
cout de l'énergie heures creuses (FCFA)	54.17
gain d'énergie journalier (FCFA)	349 234
gain d'énergie journalier en (kWh)	6447
gain d'énergie mensuel en (FCFA)	7 683 148
gain d'énergie annuel en (FCFA)	92 197 773
temps de retour sur investissement (mois)	1.5
taux d'actualisation	5%
VAN	99 698 035

#### 4. CAS 4 : utilisation des batteries de condensateurs

Le quatrième scénario vise à améliorer le facteur de puissance de l'installation, qui passe de 0,8 à 0,93, afin de réduire au maximum l'énergie réactive et d'éviter des factures élevées. Le tableau ci-dessous présente la puissance des condensateurs nécessaires pour la compensation, ainsi que les gains d'énergie et financiers associés, et d'autres paramètres pertinents qui contribuent à l'optimisation des économies d'énergie. Cette démarche permet non seulement de diminuer les coûts liés à la consommation d'énergie, mais également d'améliorer l'efficacité globale de l'installation.

Tableau 30 : Résultats scénario 4

Gains d'énergies et investissements	Résultats
capacité de la batterie condo choisie en (kVAR)	275
nombre de batterie condo	4
prix total des batteries en (FCFA)	17 644 574
main d'œuvre en (FCFA) (10%)	1 764 457
investissement total en (FCFA)	19 409 032
temps de retour sur investissement en (mois)	3
gain annuel en (FCFA)	84 130 823
taux d'actualisation	0.050
VAN	60 715 562

➤ **SYNTHESE DES GAINS FINANCIERS OBTENUS AVEC LES PROPOSITIONS TECHNIQUES**

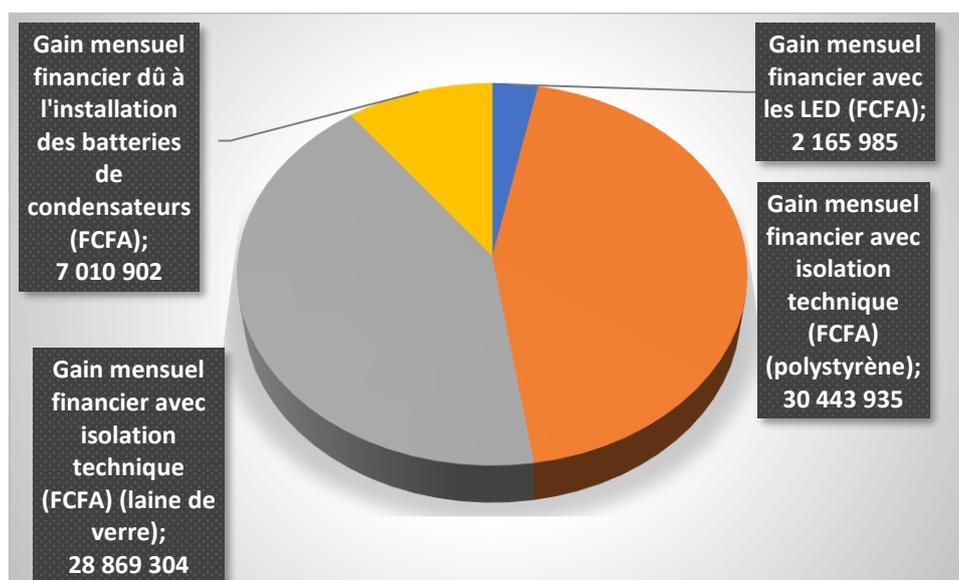


Figure 35: gains financiers avec les différentes solutions techniques proposées

### VII. EVALUATION DES EMISSIONS ANNUELS DES GES DE LA TOUR C

Le bilan carbone est un outil essentiel pour évaluer l'impact environnemental d'un immeuble de grande hauteur (IGH) en termes d'émissions de gaz à effet de serre (GES), notamment le CO<sub>2</sub>. Dans le cadre d'un IGH, le bilan carbone permet d'identifier et de quantifier les émissions générées tout au long de la vie du bâtiment, depuis sa construction jusqu'à son exploitation et sa déconstruction. Les sources d'émissions de CO<sub>2</sub> dans un IGH sont variées. La consommation d'énergie est l'une des principales sources, car les besoins en chauffage, climatisation et éclairage sont souvent très élevés en raison de la taille et de la hauteur du bâtiment.

Cela inclut l'électricité utilisée pour l'éclairage des espaces communs, les ascenseurs, ainsi que le chauffage et la climatisation qui nécessitent des systèmes puissants pour maintenir un confort adéquat. De plus, l'utilisation de l'eau chaude, notamment pour les sanitaires, contribue également à la consommation énergétique globale. Les transports des occupants génèrent également des émissions de CO<sub>2</sub>, que ce soit par l'utilisation de véhicules personnels ou de transports en commun, avec un impact proportionnel à la distance parcourue et au type de transport utilisé. La gestion des déchets est une autre source d'émissions, car les déchets générés par l'IGH, y compris les déchets ménagers et commerciaux, contribuent aux émissions de GES. La décomposition des déchets organiques dans des décharges produit du méthane, un gaz à effet de serre potentiellement plus puissant que le CO<sub>2</sub>. La gestion efficace des déchets, y compris le recyclage et le compostage, peut aider à réduire cette empreinte carbone. Par ailleurs, les matériaux de construction jouent un rôle important, car la construction d'un IGH nécessite des matériaux dont la production est souvent énergivore, comme le béton, l'acier et le verre, qui ont une empreinte carbone significative liée à leur extraction, traitement et transport. Le choix de matériaux durables ou à faible impact peut donc contribuer à réduire les émissions dès la phase de construction. Une fois les sources d'émissions identifiées et quantifiées, il est crucial d'analyser les résultats du bilan carbone pour mettre en place des stratégies de réduction. Parmi celles-ci, on peut citer l'amélioration de l'efficacité énergétique grâce à des systèmes CVC plus efficaces et à des solutions d'éclairage à faible consommation comme les LED, ainsi que l'isolation du bâtiment pour diminuer les besoins en énergie. L'utilisation de sources d'énergie renouvelables, telles que des panneaux solaires ou des systèmes géothermiques, permet de réduire la dépendance aux énergies fossiles. La promotion des transports durables en encourageant l'utilisation des transports en commun ou des véhicules électriques, ainsi que la mise en place d'infrastructures adaptées comme des stations de recharge, peut également réduire les émissions. Enfin, une gestion optimisée des déchets à travers des programmes de tri et de recyclage peut limiter le volume de déchets envoyés en décharge. Le bilan carbone d'un

immeuble de grande hauteur est ainsi un outil clé pour mesurer et réduire son empreinte carbone. En quantifiant les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation d'énergie, aux transports et à la gestion des déchets, il devient possible d'élaborer des stratégies concrètes pour atténuer l'impact environnemental de l'IGH, contribuant non seulement à la lutte contre le changement climatique, mais aussi à l'amélioration de la durabilité et de l'efficacité globale du bâtiment, favorisant un environnement urbain plus responsable.

Il est vrai que les émissions de CO<sub>2</sub> peuvent provenir de diverses sources. Cependant, pour notre analyse de la TOUR C, nous concentrerons notre évaluation sur le critère de la consommation énergétique afin de calculer les émissions de CO<sub>2</sub> sur des périodes journalières, mensuelles et annuelles. Cette approche nous permettra d'obtenir une vision précise des émissions liées à l'énergie utilisée par le bâtiment, tant dans son état actuel que dans le cadre d'optimisations potentielles. Voici les résultats des émissions de CO<sub>2</sub> pour la TOUR C, comparant l'état actuel aux optimisations proposées. Cette analyse nous permet d'évaluer l'impact environnemental du bâtiment dans son fonctionnement actuel et de mesurer les améliorations potentielles liées aux mesures d'optimisation.

Formule utilisée :

$$\text{Emission CO}_2 \text{ (tCO}_2\text{)} = \text{Consommation énergétique (kWh)} \times \text{facteur d'émission (kg CO}_2\text{/kWh)} \quad (7)$$

$$\text{Temps de retour carbone (an)} = \text{Emission annuelle initial CO}_2 / \text{Reduction annuelle CO}_2 \quad (8)$$

*Tableau 31 : quantité totale d'émission de CO<sub>2</sub> de l'existant*

AVANT					
Sources d'énergies	facteur d'émission en kg CO <sub>2</sub> /kWh	Consommation énergétique en (kWh)	émission de CO <sub>2</sub> en (t) journalière	émission de CO <sub>2</sub> en (t) mensuelle	émission de CO <sub>2</sub> en (t) annuelle
électricité	0.5	31562.52	15.78126	473.4378	5681.2536
gasoil	0.3	25600	7.68	230.4	2764.8

Tableau 32 : quantité totale d'émission de CO2 de l'optimisation

APRES							
Sources d'énergies	facteur d'émission en kg CO2/kWh	Consommation énergétique en (kWh)	émission de CO2 en (t) journalière	émission de CO2 en (t) mensuelle	émission de CO2 en (t) annuelle	Emissions annuelle réduites de CO2 (t/an)	Temps de retour carbone (an)
électricité	0.5	18568.92	9.28446	278.5338	3342.4056	2338,56	2,4
gasoil	0.3	25600	7.68	230.4	2764.8		

➤ **PROPORTION DES EMISSION DE CO2 DE L'EXISTANT ET DE L'OPTIMISATION**

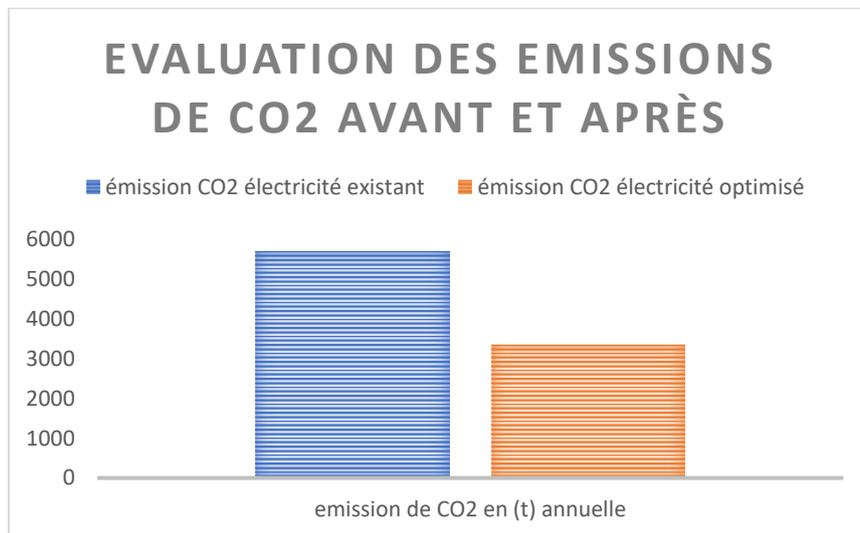


Figure 36: émission de CO2 annuelle en (t) de l'existant et de l'optimisation

L'optimisation énergétique des bâtiments est essentielle pour réduire les émissions de CO2 et lutter contre le changement climatique. Les bâtiments représentent environ 36 % des émissions mondiales de CO2, principalement dues à la consommation d'énergie pour le chauffage, l'éclairage et les appareils électriques. En améliorant l'efficacité énergétique par des solutions comme l'isolation performante, et de climatisation optimisée, on a pu réduire significativement cette consommation et, par conséquent, les émissions de CO2 annuel en électricité de 6%.

Cela contribue non seulement à l'environnement, mais aussi à des économies d'énergie, une meilleure qualité de vie pour les occupants et une valorisation des biens immobiliers. L'optimisation énergétique est également un facteur clé pour atteindre les objectifs climatiques mondiaux et se conformer aux normes de performance énergétique de plus en plus strictes.

### VIII. CONCLUSION

L'audit énergétique réalisé au sein de la TOUR C de la cité administrative du Plateau a permis d'établir un état des lieux précis de la consommation énergétique et des pratiques associées, tout en identifiant plusieurs leviers d'amélioration afin d'optimiser l'efficacité énergétique et de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>. L'analyse des données collectées, combinée aux observations faites sur les équipements, les systèmes de climatisation et la gestion de l'éclairage, a permis de mettre en lumière plusieurs pistes d'amélioration significatives pour réaliser des économies d'énergie substantielles.

Dans un premier temps, l'étude de l'existant a révélé que les principales sources de gaspillage énergétique étaient liées aux systèmes de climatisation, à la mauvaise isolation des murs et des fenêtres, ainsi qu'à une gestion inefficace de l'éclairage. La consommation énergétique quotidienne a ainsi été estimée à **31 562,52 kWh**, soit **852 188,04 kWh/mois** et **10 226 256,48 kWh/an**. En particulier, l'optimisation de l'éclairage et l'ajout d'une isolation thermique ont permis de réduire significativement les besoins en éclairage et en climatisation, tout en améliorant le confort thermique des occupants.

Les solutions techniques proposées dans ce rapport incluent l'optimisation de l'éclairage, l'isolation thermique des parois, l'installation de batteries de condensateurs pour améliorer le facteur de puissance, ainsi que la conception d'un mini programme (GTB). Ces mesures ont conduit à une réduction significative de la consommation énergétique, qui est désormais de **18 568,92 kWh /jour**, soit **557 067,34 kWh/mois** et **6 684 811,2 kWh/an**. Cela représente une économie annuelle de **4 677 696 kWh**. En termes financiers, cette optimisation permet de réaliser une économie mensuelle de **69 162 372 FCFA** incluant toutes les solutions techniques, d'où une économie annuelle de **829 948 464 FCFA** ce qui témoigne de la rentabilité du projet en dépit de l'investissement initial de **438 233 903 FCFA**.

Cet audit a également permis d'identifier des solutions supplémentaires pour optimiser la gestion de l'énergie. Parmi celles-ci, la mise en place d'un suivi plus rigoureux des consommations grâce à un système de gestion centralisée, permettant de surveiller en temps réel la consommation et de détecter rapidement tout dysfonctionnement. Ce type de gestion proactive contribuerait non seulement à améliorer la performance énergétique du bâtiment, mais aussi à offrir une flexibilité face aux variations des prix de l'énergie.

Enfin, il est essentiel de souligner que les bénéfices des améliorations apportées ne se limitent pas uniquement aux économies financières. La réduction des émissions de CO<sub>2</sub> est également un aspect crucial du projet. En effet, avec l'optimisation énergétique, les émissions de CO<sub>2</sub> ont été réduites à **3 342,41 tonnes par an**, contre **5 681,25 tonnes par an** avant les interventions, ce qui représente une baisse de **2 349,84 tonnes par an**. Cette réduction significative des émissions de gaz à effet de serre s'inscrit parfaitement dans les objectifs environnementaux nationaux et internationaux.

### IX. RECOMMANDATIONS

- Sensibiliser le personnel à éteindre les lumières lors d'absences prolongées et après les heures de travail, choisir des équipements et systèmes plus efficaces tout en respectant les normes pour réaliser des gains d'énergies
- Il est possible d'opter pour une double isolation afin d'optimiser au maximum les économies, sachant que l'isolation simple a déjà généré des gains financiers annuels significatifs.
- L'implémentation d'une gestion technique de bâtiment (GTB) bien conçue dans la tour serait idéale pour optimiser les économies d'énergie, en tenant compte de la plage de fonctionnement de l'IGH.

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET SITES INTERNET**

- [1] Moncef KRARTI et Dominique MARCHIO, Guide Technique d'Audit Energétique
- [2] <https://fr.scribd.com/document/741882761/Calcul-simplife-du-bilan-thermique>
- [3] <https://www.cie.ci/entreprise/vos-consommations/tarifs-electricite>
- [4] Yézouma COULIBALY fiche de calcul bilan thermique méthode détaillée
- [5] Yézouma COULIBALY cours audit énergétique Charge de climatisation
- [6] <https://www.compteco2.com/article/le-bilan-carbone-de-mon-logement>

ANNEXES

Niveaux	Prises	Nombre	P.U (W)	Puissance totale (W)	ks	Puissance foisonnée en W
SS1	PCN1	7	160	1120		
	PCN2	7	160	1120		
	PCN3	8	160	1280	0.25	2160
	PCN4	7	160	1120		
	PCT1	1	2000	2000		
	PCT2	1	2000	2000		
SS2	PCN1	8	160	1280		
	PCN2	7	160	1120		
	PCN3	7	160	1120		
	PCN4	5	160	800		
	PCN5	8	160	1280	0.21	2284.8
	PCN6	8	160	1280		
	PCT1	1	2000	2000		
	PCT2	1	2000	2000		

Annexe 1 : puissance totale des prises sur les autres niveaux de la TOUR C

## AUDIT ENERGETIQUE DE LA TOUR C DE LA CITE ADMINISTRATIVE DU PLATEAU

ETAGE ADMINISTRATIF	PCN1	8	160	1280		
	PCN2	4	160	640		
	PCN3	4	160	640		
	PCN4	5	160	800		
	PCN5	8	160	1280		
	PCN6	6	160	960		
	PCN7	8	160	1280		
	PCN8	7	160	1120		
	PCN9	6	160	960		
	PCN10	6	160	960	0.15	53856
	PCN11	8	160	1280		
	PCN12	5	160	800		
	PCN13	5	160	800		
	PCN14	8	160	1280		
	PCN15	8	160	1280		
	PCN16	8	160	1280		
	PCN17	4	160	640		
	PCN18	8	160	1280		
	PCN19	8	160	1280		
	PCN20	8	160	1280		

*Annexe 2 : Puissance prises des autres niveaux de la TOUR C*

## AUDIT ENERGETIQUE DE LA TOUR C DE LA CITE ADMINISTRATIVE DU PLATEAU

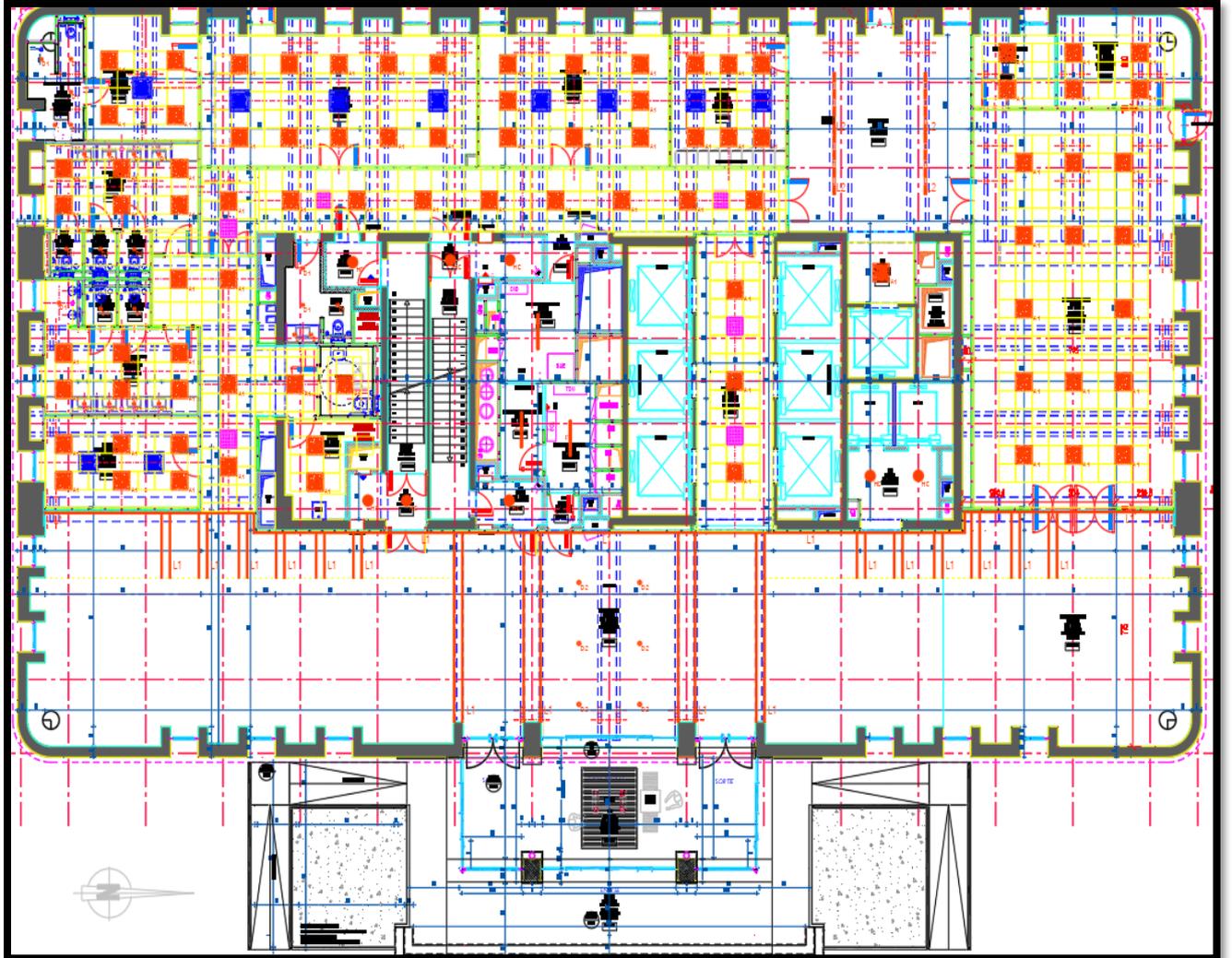
ETAGE MINISTERIEL	PCN1	8	160	1280		
	PCN2	4	160	640		
	PCN3	4	160	640		
	PCN4	5	160	800		
	PCN5	8	160	1280		
	PCN6	6	160	960		
	PCN7	8	160	1280		
	PCN8	7	160	1120		
	PCN9	6	160	960		
	PCN10	6	160	960		
	PCN11	8	160	1280		
	PCN12	5	160	800		
	PCN13	5	160	800		
	PCN14	8	160	1280	0.15	20880
	PCN15	8	160	1280		
	PCN16	8	160	1280		
	PCN17	4	160	640		
	PCN18	8	160	1280		
	PCN19	8	160	1280		
	PCN20	8	160	1280		
	PCN21	8	160	1280		
	PCN22	6	160	960		
	PCN23	8	160	1280		
	PCN24	8	160	1280		
	PCN25	8	160	1280		
	PCN26	4	160	640		

*Annexe 3 : Puissance prises des autres niveaux de la TOUR C*

## AUDIT ENERGETIQUE DE LA TOUR C DE LA CITE ADMINISTRATIVE DU PLATEAU

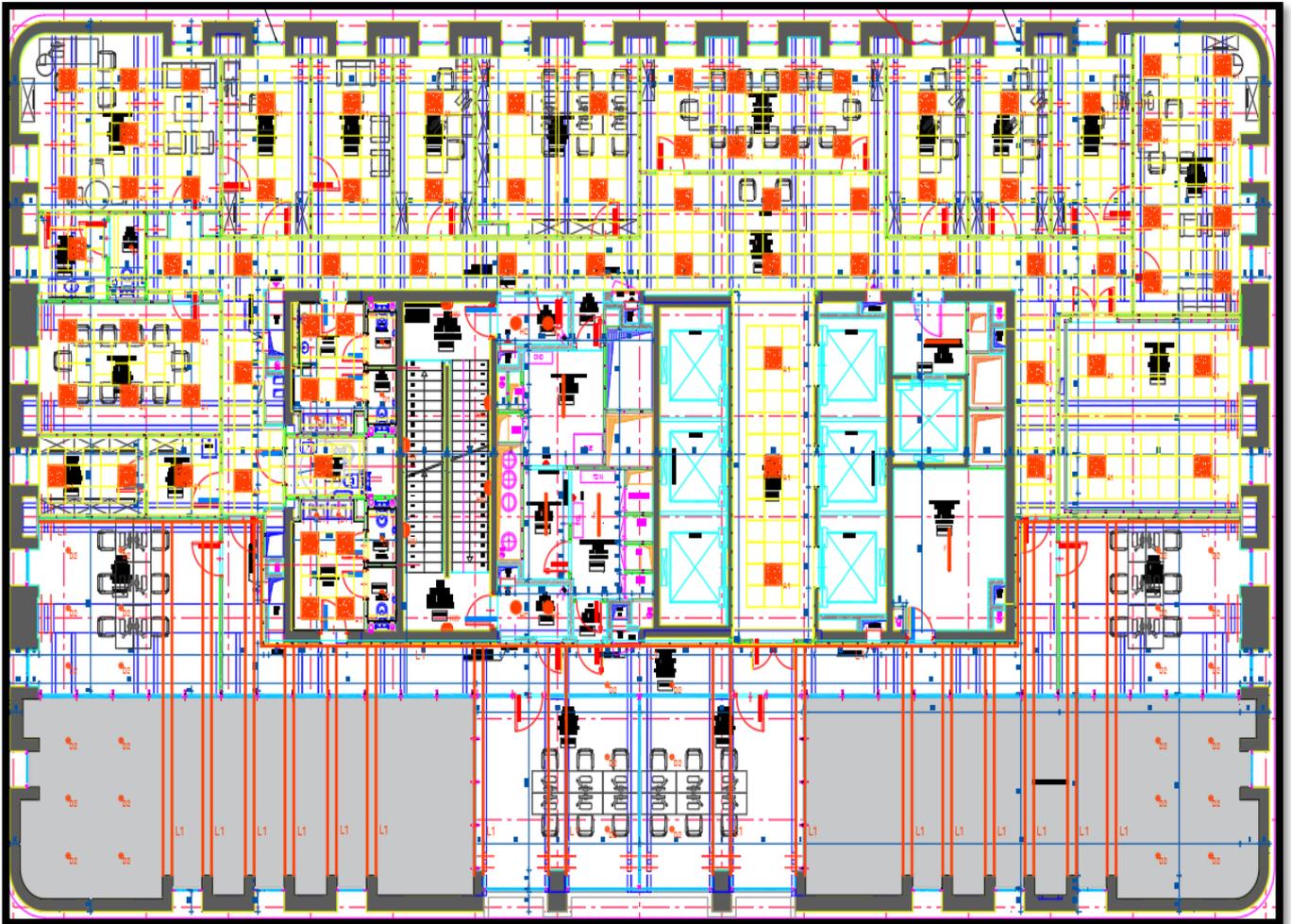
MEZZANINE	PCN1	8	160	1280		
	PCN2	8	160	1280		
	PCN3	7	160	1120		
	PCN4	8	160	1280		
	PCN5	8	160	1280		
	PCN6	6	160	960		
	PCN7	8	160	1280		
	PCN8	7	160	1120		
	PCN9	6	160	960	0.15	3192
	PCN10	6	160	960		
	PCN11	8	160	1280		
	PCN12	8	160	1280		
	PCN13	8	160	1280		
	PCN14	8	160	1280		
	PCN15	4	160	640		
	PCT1	1	2000	2000		
	PCT2	1	2000	2000		
TOITURE TERRASSE	PCN1	4	160	640		
	PCT1	1	2000	2000		
	PCT2	1	2000	2000		
	PCT3	1	2000	2000	0.23	2907.2
	PCT4	1	2000	2000		
	PCT5	1	2000	2000		
	PCT6	1	2000	2000		
				<b>Total</b>		<b>87900.8</b>

*Annexe 4 : Puissance des prises des autres niveaux de la TOUR C*

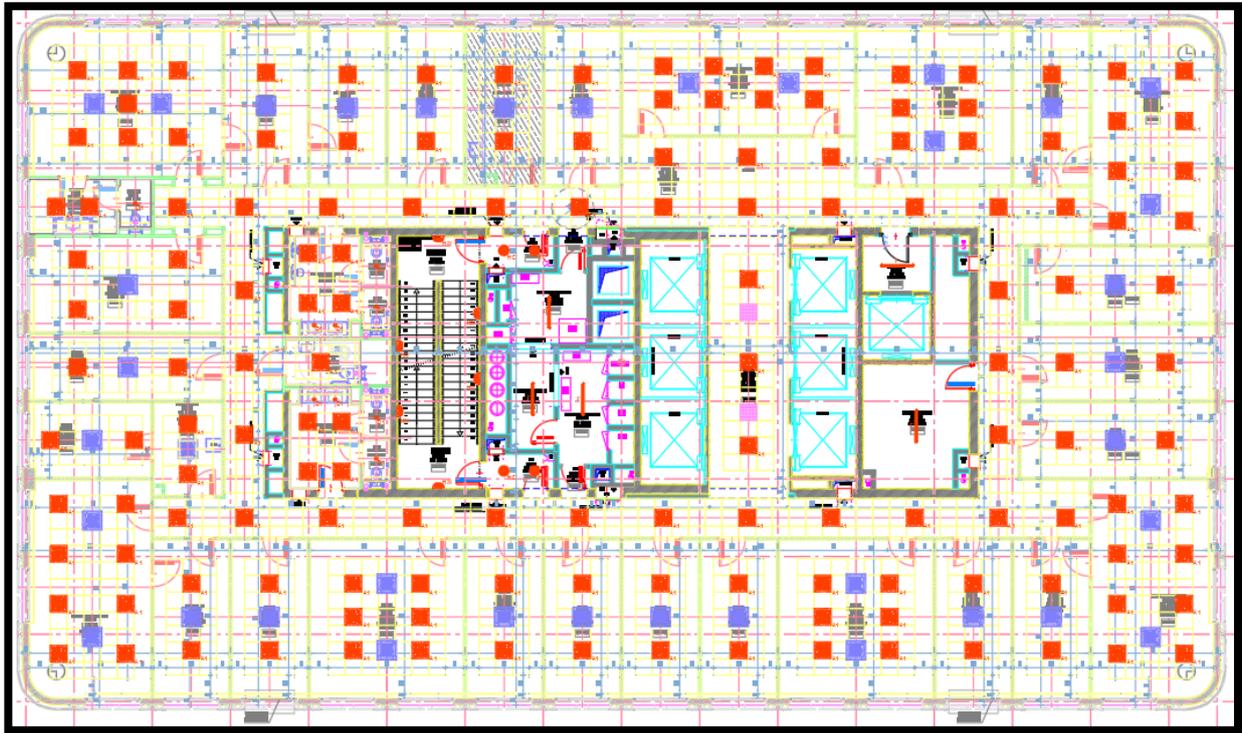


*Annexe 5 : importation et implantation des LED sur DIALUX (RDC) tour C*

*Annexe 13 : Importation et implantation des LED sur DIALUX (sous-sol 1) TOUR C*



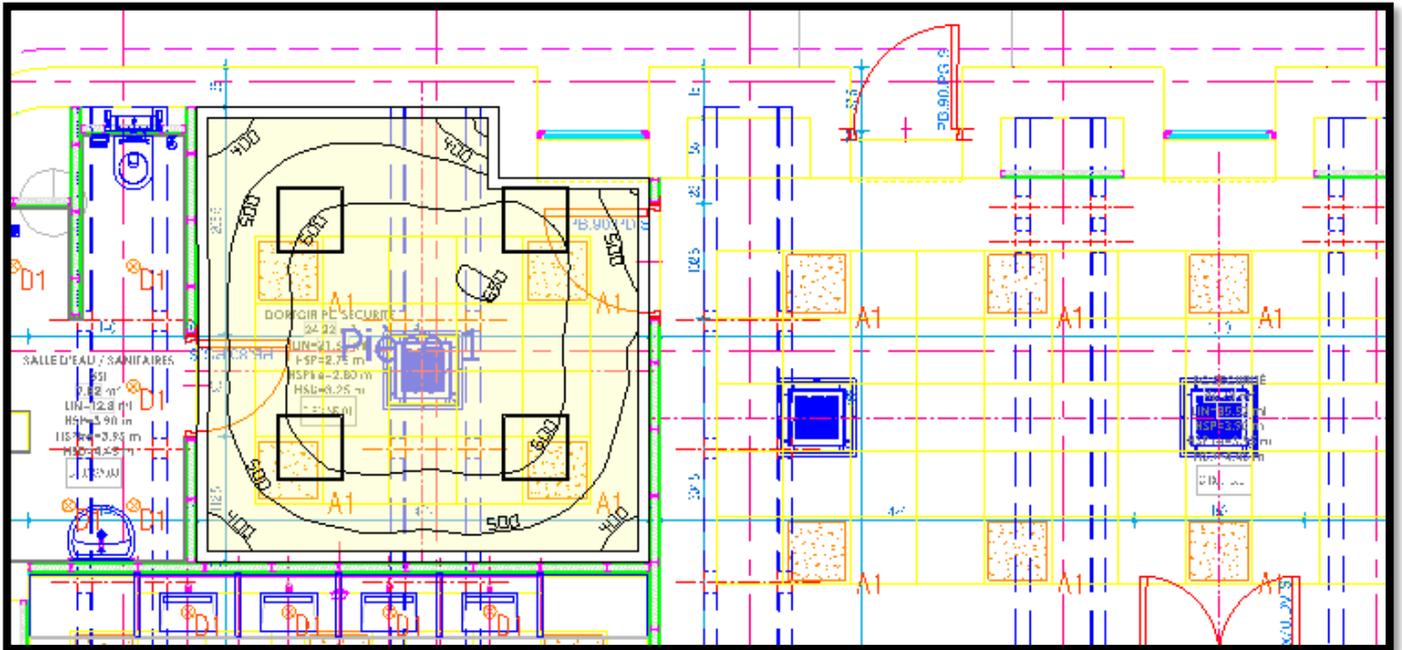
Annexe 6 : Importation et implantation des LED sur DIALUX (MEZZANINE) tour C



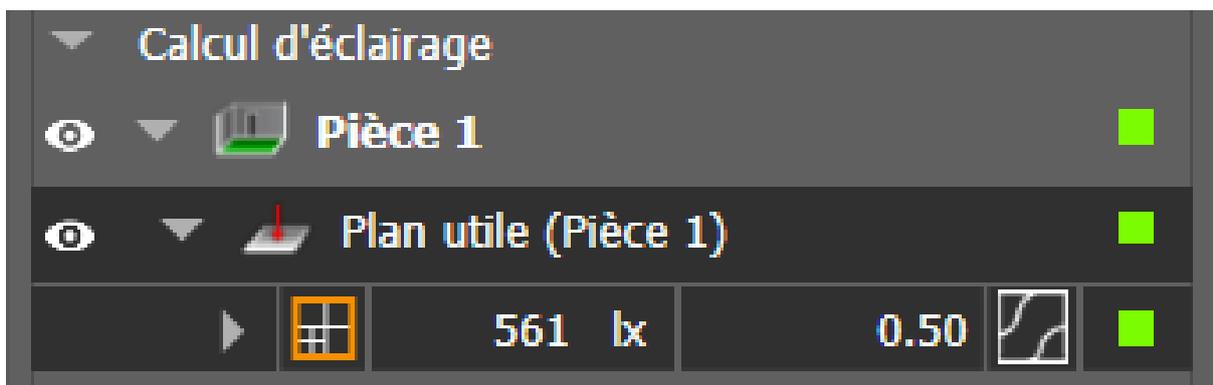
Annexe 7 : importation et implantation des LED sur DIALUX (étage administratif) TOUR C



Annexe 8 : Importation et implantation des LED sur DIALUX (étage ministériel) TOUR C



Annexe 9 : Analyse sur DIALUX RDC TOUR C



Annexe 10 : résultats de calculs d'un bureau RDC TOUR C sur DIALUX

Calcul des charges avant isolation des parois					
Calculs des apports par conduction					
Murs et plafond		Surface (m2)	Coef global d'échange (W/K.m2)	dT (°C)	Gains (kW)
	Sud	14.012	3.1	8	0.35
	Ouest	15.54	3.1	8	0.39
	Nord	14.03	3.1	8	0.35
	Est	15.51	3.1	8	0.38
	Total murs				1.47
	Plafond	38.48	3.1	8	0.95
	Total murs+plafond				2.42
Fenetre		Surface (m2)	Coef global d'échange (W/K.m2)	dT (°C)	Gains (kW)
	Sud	1.71	5.8	8	0.08
	Ouest	0	5.8	8	0.00
	Nord	0	5.8	8	0.00
	Est	0	5.8	8	0.00
	Total fenetre				0.08
	Total apport par conduction				2.50
Calculs des apports solaires					
Murs, portes et toit		Surface (m2)	Coef global d'échange (W/K.m2)	dT fictif (°C)	Gains (kW)
	Sud	0	3.1	12.8982036	0.00
	Ouest	0	3.1	9.77245509	0.00
	Nord	0	3.1	9.77245509	0.00
	Est	0	3.1	9.77245509	0.00
	toit	38.48	3.1	24.6467066	2.94
	Total murs+portes+toit				5.44
Vitrages		Surface (m2)	facteur(f*g)	Flux solaire	Gains (kW)
	Sud	0	0.2	309	0.00
	Ouest	0	0.2	234	0.00
	Nord	0	0.2	234	0.00

## AUDIT ENERGETIQUE DE LA TOUR C DE LA CITE ADMINISTRATIVE DU PLATEAU

	Est	0	0.2	234	0.00
	Total vitrage				0.00
	Total apport solaire				5.44
<b>Calculs apport sensible interne/renouvellement</b>					
	Quantité	facteur1	dT(°C)	Gains (kW)	
	Occupant	2	70.76	1	0.14
	Divers appareils électriques	250	1	1	0.25
	infiltration	40	0.3364	8	0.11
	Total gain sensible				0.50
<b>Calculs apport latent interne/renouvellement</b>					
	Quantité	facteur1	dx(g/kgAS)	Gains (kW)	
	occupant	2	60.32	1	0.12
	infiltration	40	0.8236	9.2	0.30
	Appareils électriques	250	1	1	0.25
	Total gain latent				0.67
<b>Total gains du local (kW)</b>					<b>9.11</b>
Total gain sensible (kW)					8.44
Total gain latent (kW)					0.67
FCS					0.93

*Annexe 12 : suite du calcul des charges thermiques avec isolation dans les deux cas*

## AUDIT ENERGETIQUE DE LA TOUR C DE LA CITE ADMINISTRATIVE DU PLATEAU

isolant 1			isolant 2		
Coef global d'échange (W/K.m2)	dT (°C)	Gains (kW)	Coef global d'échange (W/K.m2)	dT (°C)	Gains (kW)
3.1	8	0.35	3.1	8	0.35
3.1	8	0.39	3.1	8	0.39
0.59742951	8	0.07	0.65831099	8	0.07
3.1	8	0.38	3.1	8	0.38
		1.18			1.19
0.59742951	8	0.18	0.65831099	8	0.20
		1.37			1.39

Coef global d'échange (W/K.m2)	dT (°C)	Gains (kW)	Coef global d'échange (W/K.m2)	dT (°C)	Gains (kW)
3.8	8	0.05	3.8	8	0.05
3.8	8	0.00	3.8	8	0.00
3.8	8	0.00	3.8	8	0.00
3.8	8	0.00	3.8	8	0.00
		0.05			0.05
		1.42	0	8	1.45

Coef global d'échange (W/K.m2)	dT fictif (°C)	Gains (kW)	Coef global d'échange (W/K.m2)	dT fictif (°C)	Gains (kW)
3.1	12.8982036	0.00	3.1	12.8982036	0.00
3.1	9.77245509	0.00	3.1	9.77245509	0.00
0.59742951	9.77245509	0.00	0.65831099	9.77245509	0.00
3.1	9.77245509	0.00	3.1	9.77245509	0.00
0.59742951	24.6467066	0.57	0.65831099	24.6467066	0.62
0		1.99	0		2.07

	4.58		4.69
Total gain sensible (kW)	3.91	Total gain sensible (kW)	4.02
Total gain latent (kW)	0.67	Total gain latent (kW)	0.67
FCS	0.85	FCS	0.86

*Annexe 13 : suite du calcul des charges thermiques avec isolation dans les deux cas*

	RDC	
Local	puissance frigorifique 1 en (kW)	puissance frigorifique 2 en (kW)
Bureau réception public	4.02	4.09
Dortoir pc securite	4.08	4.18
pc securite	5.93	6.14
salle de réunion	5.17	5.32
salle de chauffeur	3.25	3.36
hall ministre	5.15	4.66
local technique CFA	2.67	2.72
Stockage salle polyvalente	4.54	4.62
salle polyvalente	7.28	7.63
<b>TOTAL</b>	<b>42.09</b>	<b>42.72</b>

*Annexe 14 : résultats calculs charges thermique au RDC avec isolation dans les deux cas*

	MEZZANINE	
Local	puissance frigorifique 1 en (kW)	puissance frigorifique 2 en (kW)
bureau directeur	4.57	4.69
secretariat	1.83	1.9
salle d'attente	1.85	1.92
bureau	1.85	1.92
bureau	1.85	1.92
bureau	1.85	1.92
salle de réunion	5.74	5.87
bureau	1.85	1.92
bureau	1.85	1.92
bureau	1.85	1.92
bureau S directeur	4.44	4.57
bureau	1.85	1.92
bureau	1.85	1.92
salle de réunion	5.74	5.87
<b>TOTAL</b>	<b>38.97</b>	<b>40.18</b>

*Annexe 15 : résultats calculs charges thermique mezzanine avec isolation dans les deux cas*

	ETAGE ADMINISTRATIF	
Local	puissance frigorifique 1 en (kW)	puissance frigorifique 2 en (kW)
Bureau S directeur	4.92	5.05
secretariat	2.06	2.13
bureau	2.97	3.04
bureau open space	5.49	5.62
bureau	2.97	3.04
bureau open space	5.49	5.62
bureau	2.97	3.04
secretariat	2.06	2.13
Bureau S directeur	5.22	5.35
bureau	2.97	3.04
bureau	2.97	3.04
bureau	2.97	3.04
Bureau S directeur	5.22	5.35
secretariat	2.06	2.13
bureau open space	5.49	5.62
salle de reunion	5.86	5.96
bureau	2.97	3.04
office local refuge	2.97	3.04
bureau	2.97	3.04
salle d'attente	2.97	3.04
secretariat	2.06	2.13
bureau directeur	5.62	5.76
salle de reunion	5.86	5.96
bureau	2.97	3.04
<b>TOTAL des 17 niveaux administratifs</b>	<b>1682.83</b>	<b>1723.29</b>

*Annexe 16 : résultats calculs charges thermique étage administratif dans les deux cas*

	ETAGE MINISTERIEL	
Local	puissance frigorifique 1 en (kW)	puissance frigorifique 2 en (kW)
bureau directeur de cabinet adjoint	4.58	4.69
bureau	3.8	3.92
bureau	3.13	3.21
tisanerie	4.1	4.22
bureau chef de cabinet	3.76	4.14
bureau protocole	1.78	1.85
salle d'attente	1.78	1.85
salle de reunion	8.08	8.33
salon ministre	5.06	5.17
bureau ministre	5.23	5.35
secretariat ministre	3.13	3.21
attente ministre	3.13	3.21
bureau	3.8	3.92
bureau	3.13	3.21
bureau	3.13	3.21
tisanerie	4.1	4.22
salle d'attente	1.78	1.85
secretariat	3.13	3.21
bureau directeur cabinet	4.58	4.69
salle de reunion	8.08	8.33
bureau	3.8	3.92
<b>TOTAL des 5 niveaux ministériels</b>	<b>415.45</b>	<b>428.55</b>

*Annexe 17 : résultats calculs charges thermiques étage ministériel dans les deux cas*

	Sous sol 1	
Local	puissance frigorifique 1 en (kW)	puissance frigorifique 2 en (kW)
local plomberie	3.75	3.88
circulation	7.63	7.99
fosse batterie basse	4.67	4.79
rangement	2.35	2.38
fosse batterie haute	3.67	3.79
Circulation vestiaires hommes	6.67	6.76
circulation vestiaires femmes	6.67	6.76
circulation douches hommes	6.44	6.51
circulation douches femmes	6.44	6.51
couloir 1	9.32	9.52
couloir 2	9.32	9.52
<b>TOTAL</b>	<b>66.93</b>	<b>68.41</b>

*Annexe 18 : résultats calculs charges thermiques sous-sol 1 dans les deux cas*

	Sous sol 2	
Local	puissance frigorifique 1 en (kW)	puissance frigorifique 2 en (kW)
Couloir 1	9.32	9.52
couloir 2	9.32	9.52
archives etage 14	4.35	4.56
archives etage 16	4.29	4.49
archives etage 18	4.25	4.45
archives etage 20	4.99	5.26
archives etage 22	4.18	4.37
circulation	7.63	7.99
local rangement 1	2.9	2.96
local rangement 2	2.9	2.96
local rangement 3	2.9	2.96
local rangement 4	2.9	2.96
local rangement 5	2.9	2.96
TOTAL	62.83	64.96

*Annexe 19 : résultats charges thermiques sous-sol 2 dans les deux cas*

## AUDIT ENERGETIQUE DE LA TOUR C DE LA CITE ADMINISTRATIVE DU PLATEAU

	luminaires fonctionnant 24h/24	nombre	Puissance unitaire (W)	puissance totale (W)	énergie consommée après le départ des fonctionnaires en (kWh)	énergie consommée en heures de pointes en (kWh)	énergie consommée en heures creuses en (kWh)
RDC	luminaires type A1	17	40	680	2.04	2.04	4.76
	luminaires type D2	6	15	90	0.27	0.27	0.63
	luminaires type HW	6	25	150	0.45	0.45	1.05
SS1	luminaires type HW	6	25	150	0.45	0.45	1.05
	luminaires type A2	20	40	800	2.4	2.4	5.6
SS2	luminaires type HW	6	25	150	0.45	0.45	1.05
	luminaires type A2	20	40	800	2.4	2.4	5.6
MEZZANINE	luminaires type A1	17	40	680	2.04	2.04	4.76
	luminaires type HW	6	25	150	0.45	0.45	1.05
Etage ADM	luminaires type A2	30	40	1200	3.6	3.6	8.4
	luminaires type HW	6	25	150	0.45	0.45	1.05
Etage ministériel	luminaires type A2	30	40	1200	3.6	3.6	8.4
	luminaires type HW	6	25	150	0.45	0.45	1.05
toiture	luminaires type A2	17	40	680	2.04	2.04	4.76
	luminaires type HW	6	25	150	0.45	0.45	1.05
	<b>TOTAL</b>				21.54	21.54	50.26
	<b>TOTAL DES ENERGIES</b>						93.34

*Annexe 20 : consommation énergétique des luminaires choisis sur Dialux fonctionnant 24H/24 dans la tour*

## AUDIT ENERGETIQUE DE LA TOUR C DE LA CITE ADMINISTRATIVE DU PLATEAU

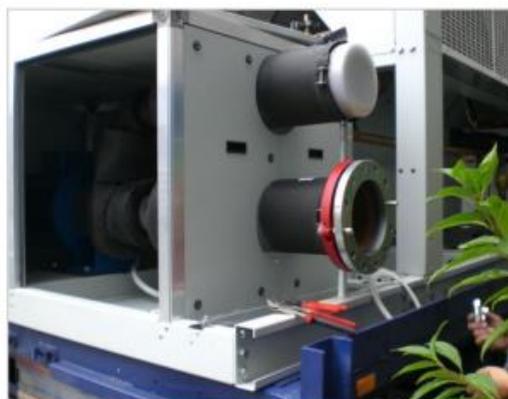
	luminaires fonctionnant 24h/24	nombre	Puissance unitaire (W)	puissance totale (W)	énergie consommée après le départ des fonctionnaires en (kWh)	énergie consommée en heures de pointes en (kWh)	énergie consommée en heures creuses en (kWh)
RDC	appareil fluo 1x58W	21	58	1218	3.654	3.654	8.526
	spot encastré	6	60	360	1.08	1.08	2.52
	spot lumineux 100 W	6	100	600	1.8	1.8	4.2
SS1	spot lumineux 100 W	6	100	600	1.8	1.8	4.2
	spot encastré	20	60	1200	3.6	3.6	8.4
SS2	appareil fluo 1x58W	6	58	348	1.044	1.044	2.436
	spot encastré	20	60	1200	3.6	3.6	8.4
MEZZANINE	appareil fluo 1x58W	17	58	986	2.958	2.958	6.902
	spot encastré	6	60	360	1.08	1.08	2.52
Etage ADM	spot lumineux 100 W	30	100	3000	9	9	21
	spot encastré	6	60	360	1.08	1.08	2.52
Etage ministériel	spot lumineux 100 W	30	100	3000	9	9	21
	spot encastré	6	60	360	1.08	1.08	2.52
toiture	spot lumineux 100 W	17	100	1700	5.1	5.1	11.9
	spot encastré	6	60	360	1.08	1.08	2.52
	<b>TOTAL</b>				46.956	46.956	109.564
	<b>TOTAL DES ENERGIES</b>						203.476

*Annexe 21 : consommation énergétique des luminaires existants dans la tour fonctionnant 24h/24*



GROUPES FROIDS | CLIMATISATION | REFRIGERISSEMENT | CHAUFFAGES

Part of Atlas Copco Group



## GRUPE FROID 1500KW

### SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES

#### CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES

Alimentation: 400V/3Ph/50Hz  
 Raccordement électrique: Cable  
 Puissance absorbée: 548 kW  
 Degré de protection: IP 54  
 Fusible recommandé: 1000 A

#### CIRCUITS HYDRAULIQUES

Pompe interne: 3 Bar  
 Capacité pompe: 256 m<sup>3</sup>/h  
 Raccordement hydraulique: 2 x 4" Bauer

#### DIMENSION & POIDS

Longueur: 12200 mm  
 Largeur: 2580 mm  
 Hauteur: 2450 mm  
 Hauteur (incl. remorque): 3700 mm  
 Poids à vide: 13760 kg

#### NIVEAU DE PRESSION SONORE

Niveau de pression sonore à 10m: 86 dB(A)

### ACCESSOIRES



4" connecteurs Bauer



4" tuyau d'eau



185mm<sup>2</sup> rallonge



Pompe externe



Échangeur de chaleur



Réservoir

### EQUIPMENT



2 x 4" connection Bauer



Cable



Trailer

### CARACTÉRISTIQUES



Annexe 22 : fiche technique d'un groupe froid de 1500 kW en fonction des charges thermiques totales obtenues



Part of Atlas Copco Group

GROUPES FROIDS | CLIMATISATION | REFRROIDISSEMENT | CHAUFFAGES



## GROUPE FROID 1000KW

### SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES

#### CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES

Alimentation:	400V/3Ph/50Hz
Raccordement électrique:	Cable
Puissance absorbée:	373 kW
Degré de protection:	IP 54
Fusible recommandé:	630 A

#### CIRCUITS HYDRAULIQUES

Pompe interne:	3 Bar
Capacité pompe:	178 m <sup>3</sup> /h
Raccordement hydraulique:	2 x 4" Bauer

#### DIMENSION & POIDS

Longueur:	9400 mm
Largeur:	2260 mm
Hauteur:	2260 mm
Hauteur (incl. remorque):	3700 mm
Poids à vide:	10410 kg

#### NIVEAU DE PRESSION SONORE

Niveau de pression sonore à 10m:	86 dB(A)
----------------------------------	----------

### ACCESSOIRES



4" connecteurs Bauer



4" tuyau d'eau



185mm<sup>2</sup> rallonge



Pompe externe



Échangeur de chaleur



Réservoir

### EQUIPMENT



2 x 4" connection Bauer



Cable



Trailer

### CARACTÉRISTIQUES



Données du fabricant. Sous réserve de modifications techniques.

Annexe 23 : fiche technique groupe froid 1000 kW

## Les batteries de condensateurs



### Utilisation

Batteries automatiques de type QR sont utilisés pour la correction du facteur de puissance de charges inductives de caractères dans des réseaux électriques à basse tension.

### Construction

Les batteries de condensateurs sont construits dans des armoires plaques d'acier (construction de type vertical monté par gammes de puissance plus petits). Les banques sont équipées de régulateur automatique PFC, commutation des contacteurs, des condensateurs cylindriques ZEZ SILKO (condensateurs MKP, de type sec), les fusibles. Interrupteur principal est installé dans toutes les banques (de disjoncteur triphasé ou interrupteurs-fusibles).

## Les batteries de condensateurs - standards

### Tapez QRC

Type	PDF	Puissance $Q_N$ [Kvar]	Courant $I_N$ [A]	Mesures	Commutation	La première étape	Boîtes	Dimensions [Mm]	Poids [Kg]
QRC 4,5	-	4,5	6,5	3	01:01:01	1,5	1	400x500x200	22
QRC 5	-	5	7,2	3	01:02:02	1	1	400x500x200	22
QRC 7,5	-	7,5	10,8	3	01:02:02	1,5	1	400x500x200	22
QRC	-	10	14,5	3	01:02:02	3,15	1	400x500x200	22

Annexe 24 : fiche technique batterie condensateur

## AUDIT ENERGETIQUE DE LA TOUR C DE LA CITE ADMINISTRATIVE DU PLATEAU

180								0	
QRV 180 12	-	180	260	12	01:01:01	15	1	800x2090x65 0	200
QRV 220	-	220	318	6	01:02:02	20	1	800x2090x65 0	200
QRV 240	-	240	346	6	01:01:01	40	1	800x2090x65 0	205
QRV 240 12	-	240	346	6	01:01:01	20	1	800x2090x65 0	205
QRV 275	-	275	397	6	01:02:02	25	1	800x2090x65 0	205
QRV 300	-	300	433	6	01:01:01	50	1	800x2090x65 0	210
QRV 300 12	-	300	433	12	01:01:01	25	1	800x2090x65 0	210
QRV 350	-	350	505	8	1:1:2:2	25	1	800x2090x65 0	230
QRV 375	-	375	541	8	01:02:02	25	1	800x2090x65 0	240
QRV 400	-	400	577	8	01:01:01	50	1	800x2090x65 0	250

*Annexe 25 : suite fiche technique batterie condensateur*

Coef d'absorption du rayonnement a		
metaux brillant		0.4
metaux clair		0.6
metaux sombre		0.8

Inertie du mur F (kg/m2)	
légère(<150)	1
moyenne(150<m<350)	0.9
lourde(350<m<700)	0.8

Facteur correctif rideau f	
exterieur	0.33
interieur	0.67

Autres paramètres	
convection exterieur he (W/K.m2)	16.7

Vitrage teinté	Facteur solaire g
Vitre peinte en teinte claire	0.3
Vitre peinte en teinte moyenne jaune	0.4
Vitre peinte en teinte sombre	0.5
maron	0.7
rouge sombre	0.55
bleu de prusse	0.6
vert sombre	0.35
gris-vert	0.45
opalescent clair	0.43
opalescent moyen	0.4

Annexe 26 : données caractéristiques pour le calcul des charges thermiques de la tour C

**MURS**

<b>Fev</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>
<b>H</b>	111	263	385	500	625	686	686	563	395	201	54
<b>S</b>	64	146	212	269	330	359	352	290	207	134	32
<b>SO</b>	62	131	186	223	258	272	256	249	206	126	32
<b>O</b>	62	131	186	223	258	272	335	335	264	100	33
<b>NO</b>	62	131	186	223	268	333	380	352	265	103	33
<b>N</b>	71	131	186	223	258	272	256	216	166	150	31
<b>NE</b>	70	188	204	309	351	333	268	216	166	150	31
<b>E</b>	71	176	249	298	317	272	256	216	166	150	31
<b>SE</b>	66	153	211	243	258	272	256	216	166	150	31

<b>Fev</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>
<b>H</b>	111	263	385	500	625	686	686	563	395	201	54
<b>S</b>	55	126	182	232	284	309	303	249	178	115	27
<b>SO</b>	53	113	160	191	222	234	220	214	177	109	28
<b>O</b>	53	113	160	191	222	234	288	288	227	86	29
<b>NO</b>	53	113	160	191	230	287	326	303	228	89	28
<b>N</b>	53	113	160	191	222	234	220	186	143	129	27
<b>NE</b>	60	149	214	266	302	287	231	186	143	129	27
<b>E</b>	61	152	214	257	273	234	220	186	143	129	27
<b>SE</b>	57	131	182	209	222	234	220	186	143	129	27

*Annexe 27 : rayonnement solaire mur et vitrage du mois de Février à ABIDJAN*

## AUDIT ENERGETIQUE DE LA TOUR C DE LA CITE ADMINISTRATIVE DU PLATEAU

Degre d'activité	Application type	Métabolisme		<b>GAINS DUS AUX OCCUPANTS</b>									
		Températures sèche du local (°C)											
		homme	femme	28		27		26		24		21	
		Adulte	Adulte	Kcal/h		Kcal/h		Kcal/h		Kcal/h		Kcal/h	
		(Kcal/h)	(Kcal/h)	Sensibles	Latents	Sensibles	Latents	Sensibles	Latents	Sensibles	Latents	Sensibles	Latents
Assis, au repos	Théâtre, Ecole primaire	98	88	44	44	49	39	53	35	58	30	65	23
Assis, travail très léger	Ecole secondaire	113	100	45	55	48	52	54	46	60	40	68	32
Employé de bureau	Bureau, Hôtel, Appartement, Ecole supérieure	120	113	45	68	50	63	54	59	61	52	71	42
Debout, marche lente	Magasin, boutique	139											
Assis, Debout	Drugstore	139	126	45	81	50	76	55	71	64	62	73	53
Debout, marche lente	Banque	139											
Assis	Restaurant †	126	139	48	91	55	84	61	78	71	68	81	58
Travail léger à l'établi	Usine, travail léger	202	189	48	141	55	84	61	78	71	68	92	97
Danse	Salle de danse	227	214	55	159	62	152	69	145	82	132	101	113
Marche, 5 km/h	Usine, travail assez pénible	252	252	68	184	76	176	83	169	96	156	116	136
Travail pénible	Piste de Bowlin, Usine	378	365	113	252	117	248	122	243	132	233	152	213

*Annexe 28 : données pour le calcul des charges thermiques*

Projet

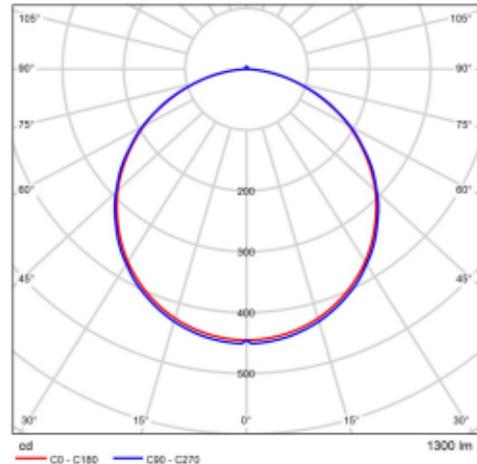


Fiche technique de produit

LEDVANCE - DOWNLIGHT IP44 DN 165 13W 830 WT



Article n°	4058075703049
P	1300.0 W
Φ <sub>Luminaire</sub>	1300 lm
Rendement lumineux	1.0 lm/W
CCT	3259 K
CRI	80



CRL polaire

Downlights with IP44 grade. Product features: Type of protection: IP44. Luminous efficacy: 100 lm/W. Product benefits: High luminous efficacy. Very homogenous light. Simple installation thanks to integrated driver. Areas of application: Direct replacement for luminaires with fluorescent lamps. General illumination. Public areas. Stairways. Corridors. Shops. Bathrooms. Equipment / Accessories: Surface mounting frames available as accessories.

Évaluation éblouissement selon UGR											
z Plateau	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
z Mur	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
z Sol	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Taille pièce X Y		Vue perpendiculaire vers axe des lampes					Vue longitudinale vers axe des lampes				
2H	3H	23.4	24.7	23.7	25.9	25.2	23.4	24.8	23.7	25.9	25.3
	3H	24.7	25.9	25.1	26.2	26.5	24.8	26.9	25.1	26.3	26.6
	4H	25.2	26.4	25.6	26.7	27.0	25.3	26.4	25.6	26.7	27.1
	6H	25.5	26.6	25.9	26.9	27.2	25.6	26.7	26.0	27.0	27.3
	8H	25.8	26.8	25.9	26.9	27.3	25.8	26.7	26.0	27.0	27.4
4H	3H	24.0	25.1	24.3	25.4	25.6	24.0	25.2	24.4	25.5	25.8
	3H	25.5	26.5	25.9	26.8	27.2	25.6	26.6	26.0	26.9	27.3
	4H	26.1	27.0	26.5	27.4	27.8	26.2	27.1	26.6	27.4	27.8
	6H	26.5	27.3	27.0	27.7	28.1	26.6	27.4	27.0	27.8	28.2
	8H	26.6	27.3	27.1	27.7	28.2	26.7	27.4	27.1	27.8	28.3
8H	3H	26.9	27.3	27.1	27.7	28.2	26.7	27.4	27.2	27.9	28.3
	4H	26.3	27.1	26.8	27.5	27.9	26.4	27.1	26.8	27.5	28.0
	6H	26.8	27.4	27.3	27.9	28.4	26.9	27.5	27.4	27.9	28.4
	8H	27.0	27.5	27.5	28.0	28.5	27.1	27.6	27.6	28.1	28.6
	12H	27.1	27.5	27.6	28.0	28.5	27.1	27.6	27.7	28.1	28.6
12H	4H	26.3	27.0	26.8	27.4	27.9	26.4	27.1	26.9	27.5	27.9
	6H	26.9	27.4	27.4	27.9	28.4	26.9	27.5	27.4	27.9	28.4
	8H	27.1	27.5	27.6	28.0	28.5	27.1	27.6	27.6	28.1	28.6
Variation de position de l'observateur pour écartement S entre luminaires											
S = 1.0H	+0.1 / -0.2					+0.1 / -0.1					
S = 1.5H	+0.3 / -0.4					+0.3 / -0.4					
S = 2.0H	+0.5 / -0.5					+0.5 / -0.5					
Tableau standard		9K05					9K05				
Nombre d'ajouts pour la correction		9.7					9.8				
Indice d'éblouissement en fonction du 1300m Flux lumineux total											

Diagramme UGR (SHR: 0.25)

Annexe 29 : fiche technique luminaire LED

Projet

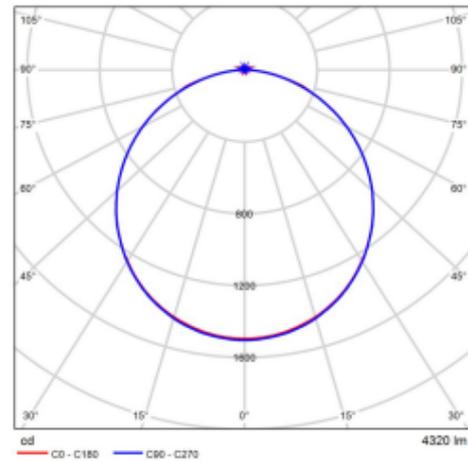


Fiche technique de produit

LEDVANCE - PANEL PERFORMANCE 600 DALI 36W 4000 K



Article n°	4058075440395
P	3600.0 W
Φ <sub>Luminaire</sub>	4320 lm
Rendement lumineux	1.2 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



CRL polaire

Square recessed panel luminaires, tool-free installation, for 600 x 600 mm ceiling systems with DALI-2 IoT technology. Product features: IoT-ready luminaire with DALI-2 technology. Extruded aluminum frame. Polystyrene diffuser. 3-pole terminal block, cable cross section up to 3 x 2.5 mm<sup>2</sup> (25 W and 30 W versions). 5-pole terminal block, cable cross section up to 5 x 2.5 mm<sup>2</sup> (36 W versions and DALI types). Lifetime (L80/B10): up to 60,000 h (at 25 °C). Product benefits: Suitable luminaire for VIVARES and other DALI-2 Light Management Systems. Tool-free electrical connection due to push button connector. Through-wiring possible with included connector box. Energy savings thanks to high system efficacy: up to 120 lm/W. Comfortable light and high color consistency. External driver for extended flexibility and easy installation. Low flicker light thanks to special electronic control gear. 5 years guarantee. Areas of application: Direct replacement for luminaires with fluorescent lamps. Offices, conference rooms. Reception areas, foyers, corridors, elevators. Suitable for recessed ceiling systems with grid size of 600 x 600 mm. Equipment / Accessories: Accessories for several mounting options available. Connector box with 3-pole or 5-pole terminal included. Security rope for luminaire included. Security brackets included. External control gear included. Not suitable for use with Emergency Conversion Box.

Evaluation éblouissement selon UGR											
Le Plafond		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
Le Murs		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
Le Sol		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Taille pièce X Y		Valeur perpendiculaire vers axe des lampes					Valeur longitudinale vers axe des lampes				
		2x	2x	17.8	19.1	18.1	18.4	19.6	17.7	18.1	18.0
	3x	18.4	20.6	19.7	20.9	21.2	18.3	20.6	19.7	20.8	21.1
	4x	20.0	21.2	20.4	21.5	21.8	20.0	21.1	20.3	21.4	21.7
	6x	20.5	21.6	20.9	21.9	22.3	20.4	21.5	20.6	21.8	22.2
	8x	20.7	21.8	21.1	22.1	22.4	20.6	21.7	21.0	22.0	22.3
	12x	20.8	21.8	21.2	22.2	22.6	20.7	21.7	21.1	22.0	22.4
4x	2x	18.4	19.6	18.6	18.9	20.2	18.4	19.6	18.8	19.9	20.2
	3x	20.2	21.2	20.6	21.6	21.9	20.2	21.2	20.6	21.5	21.9
	4x	21.0	21.9	21.4	22.3	22.7	21.0	21.9	21.4	22.2	22.6
	6x	21.7	22.4	22.1	22.8	23.2	21.6	22.4	22.0	22.8	23.2
	8x	21.9	22.6	22.3	22.9	23.4	21.8	22.5	22.2	22.9	23.4
	12x	22.0	22.7	22.5	23.1	23.6	21.9	22.6	22.4	23.0	23.5
8x	4x	21.3	22.1	21.6	22.5	22.9	21.3	22.0	21.7	22.4	22.9
	6x	22.1	22.7	22.6	23.2	23.6	22.0	22.6	22.5	23.1	23.6
	8x	22.4	23.0	22.9	23.4	23.9	22.3	22.9	22.8	23.3	23.8
	12x	22.7	23.1	23.2	23.6	24.1	22.6	23.0	23.1	23.5	24.0
12x	4x	21.4	22.0	21.8	22.5	22.9	21.3	22.0	21.8	22.4	22.8
	6x	22.2	22.7	22.7	23.2	23.7	22.1	22.7	22.6	23.1	23.6
	8x	22.5	23.0	23.0	23.5	24.0	22.5	22.9	23.0	23.4	23.9

Variation de position de l'observateur pour écartement 5 entre luminaires		
S = 1.5H	+0.1 / -0.1	+0.1 / -0.1
S = 1.5H	+0.2 / -0.3	+0.2 / -0.3
S = 2.0H	+0.4 / -0.6	+0.4 / -0.6

Tableau standard	SK06	SK06
Nombre d'ajouts pour la correction	5.2	5.2

Indice d'éblouissement en fonction du 4320m Flux lumineux total

Diagramme UGR (SHR: 0.25)

Annexe 30 : fiche technique luminaire LED

Projet

# DIALux

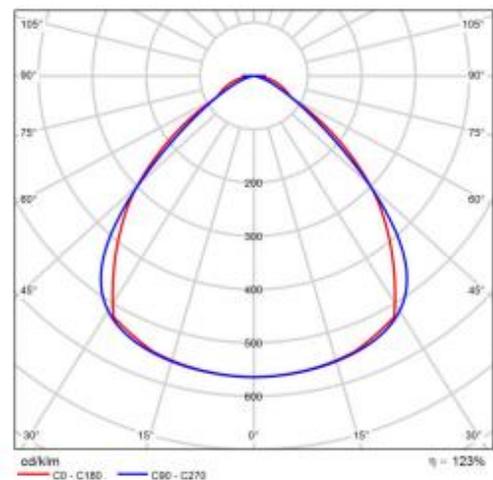
## Fiche technique de produit

MPE - LED high bay HBU 100W 6500K



Article n°	HBU_100T
P	100.0 W
Φ <sub>Lampe</sub>	12000 lm
Φ <sub>Luminaire</sub>	14709 lm
η	122.57 %
Rendement lumineux	147.1 lm/W
CCT	6500 K
CRI	80

- Led highbay
- Lamp body made of powder coated aluminum
- Ingress Protection IP65
- Driver is integrated inside the lamp
- Size: Ø280 x 220mm
- Voltage: 100-265VAC
- Power: 100W
- Power Factor (PF): >0.5
- Luminance: 12.000 lm
- Luminous Efficacy: 120 lm/W
- Color Temperature (CCT): 6000-6500K
- RA >80 High Color Rendering Index
- Beam angle: 90°
- Chip LED: SMD 2835
- Life Time: 30,000 hours
- Instant Light: 0s
- European Standard CE – RoHS



CRL polaire

Evaluation éblouissement selon UGR											
Plan		75	70	50	50	30	75	70	50	50	30
h (m)		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
h (m)		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Table pièce	X	Valeur perpendiculaire vers axe des lampes					Valeur longitudinale vers axe des lampes				
	Y										
34	34	32.7	31.8	31.0	32.0	32.3	32.5	31.8	30.8	31.8	32.1
	34	32.9	31.8	31.3	32.1	32.4	32.5	31.5	30.8	31.8	32.0
	84	31.0	31.8	31.3	32.2	32.5	32.5	31.4	30.8	31.7	32.0
	84	31.0	31.8	31.4	32.2	32.5	32.3	31.2	30.7	31.8	31.8
44	124	31.0	31.8	31.4	32.2	32.5	32.3	31.1	30.7	31.4	31.8
	24	32.0	31.8	31.0	31.8	32.1	32.5	31.4	30.8	31.7	32.0
	34	32.9	31.7	31.3	32.0	32.3	32.5	31.3	30.9	31.6	31.9
	44	31.0	31.8	31.4	32.2	32.5	32.5	31.2	30.9	31.5	31.9
84	34	31.2	31.8	31.6	32.2	32.6	32.4	31.0	30.8	31.4	31.8
	84	31.2	31.8	31.6	32.2	32.6	32.4	30.9	30.8	31.3	31.7
	124	31.2	31.7	31.6	32.1	32.6	32.3	30.8	30.8	31.3	31.7
	24	31.0	31.5	31.4	31.9	32.5	32.4	31.2	30.8	31.4	31.8
84	34	31.2	31.6	31.6	32.0	32.5	32.3	30.8	30.8	31.2	31.7
	84	31.2	31.6	31.6	32.0	32.5	32.3	30.7	30.8	31.2	31.6
	124	31.2	31.6	31.7	32.0	32.5	32.3	30.6	30.8	31.1	31.6
	24	32.9	31.8	31.4	31.9	32.3	32.4	30.8	30.8	31.3	31.7
124	84	31.1	31.8	31.6	31.9	32.4	32.3	30.7	30.8	31.2	31.7
	84	31.1	31.8	31.6	32.0	32.5	32.3	30.8	30.8	31.1	31.6

Valeur de position de l'observateur pour écartement 0 entre luminaires		
S = 1.0H	+0.8 / -1.2	+1.1 / -2.0
S = 1.5H	+2.1 / -3.4	+3.1 / -5.1
S = 2.0H	+3.7 / -4.1	+5.0 / -7.3

Tableau standard	8401	8400
Remarque spéciale pour la recommandation	12.8	12.9

Indice d'éblouissement en fonction du 12000lm Flux lumineux total

Diagramme UGR (SHR: 0.25)

Annexe 30 : fiche technique luminaire LED

Projet



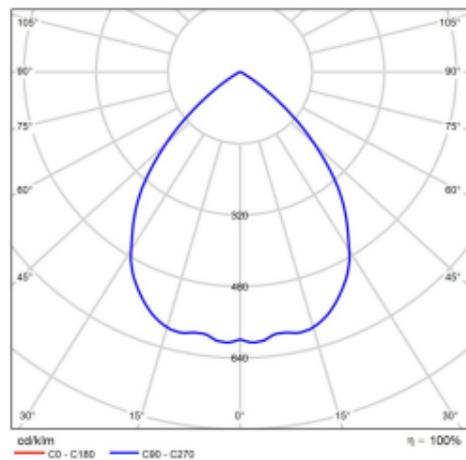
Fiche technique de produit

Philips - DN470P PSU 1 xLED20S/840 C



P	16.4 W
Φ <sub>Lampe</sub>	2300 lm
Φ <sub>Luminaire</sub>	2299 lm
η	99.93 %
Rendement lumineux	140.2 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80

The high-efficiency, sustainable LED solution with GreenSpace downlight GreenSpace is the perfect LED downlight solution for customers who want to strike the ideal balance between their initial investment and the cost of the installation over lifetime, while also covering multiple applications. GreenSpace features the latest LED technology, which results in extremely low power consumption. And with its perfect fit promise for cut out sizes from 150 to 280 mm, you always get that LED downlight that fits and looks exactly right. GreenSpace Downlight is designed for the circular economy with optimized performance and an extended lifetime through upgradability and integration options. Plus easy customization, recycling and disassembly. A LED downlight with a long lifetime that makes it a true 'fit and forget' solution.



CRL polaire

Evaluation éblouissement selon UGR											
Plafond		70	70	90	90	30	70	70	90	90	
Mur		50	30	90	30	30	50	30	50	30	
Sol		20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Taille pièce X Y		Voie perpendiculaire vers axe des lampes					Voie longitudinale vers axe des lampes				
3H	34	21.1	22.1	21.4	22.3	22.6	21.1	22.1	21.4	22.3	22.6
	34	21.0	21.9	21.3	22.2	22.4	21.0	21.9	21.3	22.2	22.4
	44	21.0	21.8	21.3	22.0	22.3	21.0	21.8	21.3	22.0	22.3
	44	20.9	21.7	21.2	21.9	22.2	20.9	21.7	21.2	21.9	22.2
	44	20.9	21.6	21.2	21.9	22.2	20.9	21.6	21.2	21.9	22.2
4H	124	20.8	21.5	21.2	21.9	22.2	20.8	21.5	21.2	21.9	22.2
	34	21.0	21.8	21.3	22.1	22.4	21.0	21.8	21.3	22.1	22.4
	34	20.9	21.6	21.2	21.9	22.2	20.9	21.6	21.2	21.9	22.2
	44	20.8	21.4	21.2	21.9	22.1	20.8	21.4	21.2	21.9	22.1
	44	20.8	21.3	21.2	21.7	22.1	20.8	21.3	21.2	21.7	22.1
8H	44	20.7	21.2	21.2	21.6	22.0	20.7	21.2	21.2	21.6	22.0
	124	20.7	21.2	21.2	21.6	22.0	20.7	21.2	21.2	21.6	22.0
	44	20.7	21.2	21.1	21.6	22.0	20.7	21.2	21.1	21.6	22.0
	44	20.7	21.1	21.1	21.5	21.9	20.7	21.1	21.1	21.5	21.9
	124	20.6	21.0	21.1	21.4	21.9	20.6	21.0	21.1	21.4	21.9
12H	44	20.7	21.1	21.1	21.5	22.0	20.7	21.1	21.1	21.5	22.0
	44	20.6	21.0	21.1	21.4	21.9	20.6	21.0	21.1	21.4	21.9
	44	20.6	20.9	21.1	21.4	21.9	20.6	20.9	21.1	21.4	21.9

Vérification de position de l'observateur pour écartement S entre luminaires		
S = 1.0H	+1.5 / -3.9	+1.5 / -3.9
S = 1.5H	+3.3 / -8.6	+3.3 / -8.6
S = 2.0H	+5.3 / -10.4	+5.3 / -10.4
Tableau standard	5X00	5X00
Nombre à retenir pour la correction	2.7	2.7

Indice d'éblouissement en fonction du 2300m Flux lumineux total

Diagramme UGR (SHR: 0.25)

Annexe 31 : fiche technique luminaire LED

Projet

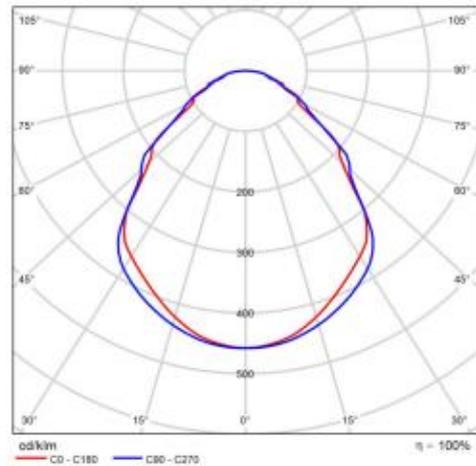


Fiche technique de produit

Philips - RC400B LED36S/840 OC PSD W60L60



P	30.0 W
$\Phi_{Lampe}$	3600 lm
$\Phi_{Luminaire}$	3598 lm
$\eta$	99.96 %
Rendement lumineux	119.9 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



CRL polaire

SlimBlend Square - High performance, advanced control Office norm-compliant lighting with good quality of light is in demand. Moreover, there is also an increasing need for comfort-enhancing effects such as diffused lighting and lighting smoothly blending into the ceiling architecture. That's why 'surface of light' solutions are becoming more and more popular. But parallel to these needs, are the demands to reduce energy and maintenance costs. SlimBlend answers all these needs and more. Not only does it provide glare-free comfort with a diffuse effect and clutter-free aesthetics thanks to integrated control options, it also creates a special blending of light. It uses the 'trapped' light under the masking to create a subtle glow, with a soft transition to the edge, lowering the brightness perception and blending the light into the ceiling. SlimBlend can also be part of a connected lighting system and integrated into the IT infrastructure enabling data on usage to be collected to help reduce energy costs and enhance employee comfort further. Also, thanks to the slim design, it enables technical equipment to be more easily installed in the plenum. Moreover, thanks to the variety of ways of mounting, various ceiling types can take advantage of this luminaire family. SlimBlend comes in square, rectangular and can be either recessed, surface-mounted, suspended. It offers a good balance between initial cost and ROI, making it the ideal choice for delivering excellent quality of light

Platond	70	70	90	50	30	70	70	50	50	30	
Murs	50	30	90	30	30	90	30	50	30	30	
Sol	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Table pièce X Y		Voies perpendiculaires aux axes des lampes					Voies parallèles aux axes des lampes				
2H	2H	15.3	16.5	15.6	16.7	16.0	15.8	16.8	15.9	17.3	
	3H	16.3	17.4	16.6	17.7	17.0	16.5	17.6	16.8	18.1	
	4H	16.8	17.8	17.1	18.1	18.4	16.8	18.0	17.3	18.5	
	8H	17.2	18.2	17.6	18.3	18.8	17.4	18.3	17.7	18.8	
	12H	17.4	18.4	17.8	18.7	19.0	17.4	18.5	18.0	19.2	
4H	2H	15.6	16.6	15.9	16.9	17.2	15.9	16.9	16.2	17.4	
	3H	16.9	17.7	17.2	18.0	18.4	17.0	17.9	17.4	18.0	
	4H	17.5	18.3	17.9	18.6	19.0	17.6	18.4	18.0	18.7	
	8H	18.1	18.7	18.5	19.1	19.5	18.2	18.9	18.4	19.4	
	12H	18.3	19.0	18.8	19.4	19.8	18.3	19.1	18.9	19.9	
8H	2H	18.8	19.1	19.0	19.4	20.0	18.8	19.3	19.3	20.2	
	4H	17.7	18.5	18.1	18.7	19.1	17.8	18.4	18.2	18.9	
	8H	18.4	18.9	18.9	19.3	19.8	18.5	19.0	19.0	19.9	
	12H	18.8	19.2	19.2	19.7	20.1	18.9	19.4	19.4	20.3	
	12H	19.1	19.5	19.6	19.9	20.4	19.3	19.7	19.8	20.6	
12H	4H	17.7	18.3	18.1	18.7	19.1	17.8	18.4	18.2	18.8	
	8H	18.4	18.9	18.9	19.4	19.8	18.6	19.0	19.0	19.9	
	12H	18.8	19.2	19.3	19.7	20.2	18.9	19.4	19.5	20.4	

Diagramme UGR (SHR: 0.25)

Annexe 32 : fiche technique luminaire LED

Projet

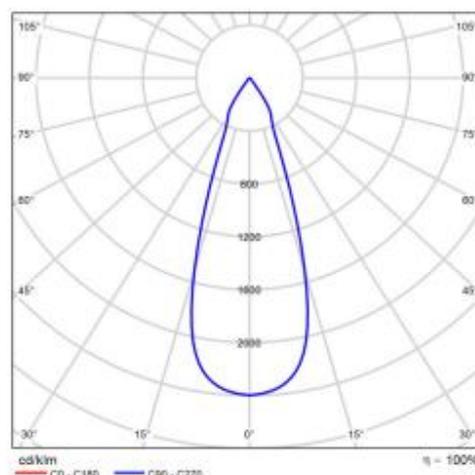
DIALux

### Fiche technique de produit

Philips - RS340B 1 xLED17S/PW930 WB



P	14.0 W
$\Phi_{Lampe}$	1600 lm
$\Phi_{Luminaire}$	1606 lm
$\eta$	100.36 %
Rendement lumineux	114.7 lm/W
CCT	3000 K
CRI	90



CRL polaire

A flexible and affordable fixed downlight for retail stores Thanks to the GreenSpace Accent family, retailers and building operators can now make the switch from CDM to LED lighting and enjoy significant energy savings for a reasonable initial investment. This GreenSpace Accent downlight has regular cut-out and specific lumen packages to make retrofit installation quick and easy. Furthermore, the fixed downlights offer multiple system integration and dimming options, including wired as well as wireless. For fashion and food retailers, every GreenSpace Accent downlight is available with special LED flavors and fresh food LED lighting recipes to show the merchandise in the very best light. Check out our Fashion and Food catalog pages to find out more about PremiumWhite, PremiumColor, Fresh Meat, Rosé, Frost and Champagne.

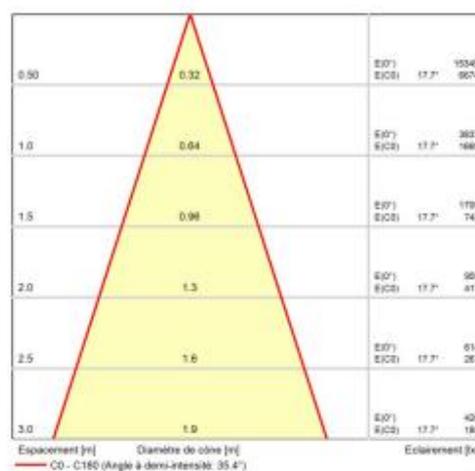


Diagramme conique

Annexe 33 : fiche technique luminaire LED

Projet

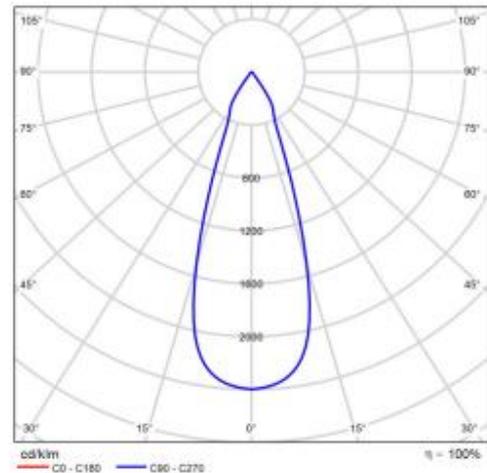
DIALux

Fiche technique de produit

Philips - RS340B 1 xLED17S/PW930 WB



P	14.0 W
$\Phi_{Lampe}$	1600 lm
$\Phi_{Luminaire}$	1606 lm
$\eta$	100.36 %
Rendement lumineux	114.7 lm/W
CCT	3000 K
CRI	90



CRL polaire

A flexible and affordable fixed downlight for retail stores Thanks to the GreenSpace Accent family, retailers and building operators can now make the switch from CDM to LED lighting and enjoy significant energy savings for a reasonable initial investment. This GreenSpace Accent downlight has regular cut-out and specific lumen packages to make retrofit installation quick and easy. Furthermore, the fixed downlights offer multiple system integration and dimming options, including wired as well as wireless. For fashion and food retailers, every GreenSpace Accent downlight is available with special LED flavors and fresh food LED lighting recipes to show the merchandise in the very best light. Check out our Fashion and Food catalog pages to find out more about PremiumWhite, PremiumColor, Fresh Meat, Rosé, Frost and Champagne.

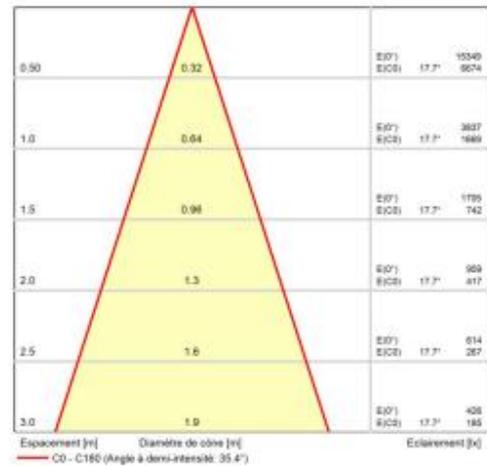


Diagramme conique

Annexe 34 : fiche technique luminaire LED

Projet

# DIALux

Bâtiment 1 · Étage 1 · SAS (Décor lumineux 1)

## Objets de calcul

Plans utiles

Propriétés	$\bar{E}$ (Consigne)	$E_{min}$	$E_{max}$	$U_o (g_1)$ (Consigne)	$g_2$	Index
Plan utile (SAS) Éclairage perpendiculaire (adaptatif) Hauteur: 0.800 m, Marge: 0.212 m	106 lx ( $\geq 100$ lx) ✓	92.7 lx	114 lx	0.87 ( $\geq 0.40$ ) ✓	0.81	WP12

Profil d'utilisation: Aires générales à l'intérieur des édifices - Salles de repos, locaux sanitaires et de premiers soins (10.2 Salles de repos)

Annexe 35 : fiche technique luminaire LED

Projet

DIALux

Bâtiment 1 · Étage 1 · local technique cfo (Décor lumineux 1)

## Objets de calcul

Plans utiles

Propriétés	E (Consigne)	E <sub>min</sub>	E <sub>max</sub>	U <sub>o</sub> (g <sub>1</sub> ) (Consigne)	g <sub>2</sub>	Index
Plan utile (local technique cfo) Eclairage perpendiculaire (adaptatif) Hauteur: 0.800 m, Marge: 0.270 m	160 lx (≥ 100 lx) ✓	131 lx	182 lx	0.82 (≥ 0.40) ✓	0.72	WP11

Profil d'utilisation: Aires générales à l'intérieur des édifices - Salles de repos, locaux sanitaires et de premiers soins (10.2 Salles de repos)

Annexe 36 : fiche technique luminaire LED

Projet

DIALux

Bâtiment 1 · Étage 1 · Pièce 1 (Décor lumineux 1)

### Objets de calcul

Plans utiles

Propriétés	$\bar{E}$ (Consigne)	$E_{min}$	$E_{max}$	$U_o (g_1)$ (Consigne)	$g_2$	Index
Plan utile (Pièce 1) Éclairage perpendiculaire (adaptatif) Hauteur: 0.800 m, Marge: 0.097 m	539 lx ( $\geq 300$ lx) ✓	272 lx	630 lx	0.50 ( $\geq 0.40$ ) ✓	0.43	WP1

Profil d'utilisation: Bureaux (34.1 Rangement, copie, etc.)

Annexe 37 : fiche technique luminaire LED

Projet

DIALux

Bâtiment 1 · Étage 1 · toilette RDC (Décor lumineux 1)

### Objets de calcul

Plans utiles

Propriétés	$\bar{E}$ (Consigne)	$E_{min}$	$E_{max}$	$U_0$ ( $g_1$ ) (Consigne)	$g_2$	Index
Plan utile (toilette RDC) Éclairage perpendiculaire (adaptatif) Hauteur: 0.800 m, Marge: 0.167 m	378 lx ( $\geq 200$ lx) ✓	320 lx	402 lx	0.85 ( $\geq 0.40$ ) ✓	0.80	WP7

Profil d'utilisation: Aires générales à l'intérieur des édifices - Salles de repos, locaux sanitaires et de premiers soins (10.4 Vestiaires, salles de lavage, salles de bain, toilettes)

Annexe 38 : fiche technique luminaire LED