

SOMMAIRE

DEDICACE	4
REMERCIEMENTS	5
AVANT PROPOS	6
RESUME	7
INTRODUCTION	8
PARTIE I : PRESENTATION.....	9
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ECA	10
1. La maîtrise d'œuvre déléguée	10
2. L'économie d'énergie	10
II. DESCRIPTION DU POSTEL 2001	11
1. Généralités	11
2. Architecture	11
3. Description des équipements techniques	11
4. Exploitation des installations techniques :	13
PARTIE II : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	15
I. MAITRISE DES PARAMETRES METEOROLOGIQUES	16
1. Interactions entre le climat et le bâtiment	16
2. Valeurs moyennes	16
3. Valeurs extrêmes	16
II. ACOUSTIQUE ET ENERGIE DANS LE BATIMENT	16
1. Source de bruit	17
2. Isolation acoustique d'un bâtiment	17
III. ECLAIRAGE EFFICACE DANS LE BATIMENT	18
1. Réduction du temps d'utilisation de l'éclairage existant	18
2. Réduction des niveaux d'éclairement des systèmes existants	20
3. Utilisation de sources lumineuses plus efficaces	22



4.	Réaménagement de l'éclairage des locaux	25
5.	Eclairage naturel et efficacité énergétique :	25
IV. CLIMATISATION EFFICACE ET NOTION DE CONFORT THERMIQUE		25
1.	La climatisation centralisée à eau glacée	25
2.	Notion de confort en climat tropical	26
V. NORMES RELATIVES A L'ECLAIRAGE ET A LA CLIMATISATION		28
1.	Les normes relatives à l'éclairage artificiel	28
2.	Normes ivoiriennes NI 12.01.003 relative à la climatisation	29
<u>PARTIE III : DIAGNOSTIC ENERGETIQUE DE POSTEL 2001 ET RECOMMANDATIONS.....33</u>		
I. DIAGNOSTIC ENERGETIQUE POSTEL 2001 ET RECOMMANDATIONS		34
1.	Méthodologie de travail	34
2.	Bilan énergétique de POSTEL 2001	37
3.	La climatisation	38
4.	L'ECLAIRAGE	45
II. DESCRIPTION DES RECOMMANDATIONS GENERALES		48
1.	La formation du personnel	49
2.	La sensibilisation	49
3.	L'organisation	49
4.	La maintenance	50
<u>PARTIE IV : ETUDES DE LA FACTURATION ELECTRIQUE ET RECOMMANDATIONS51</u>		
I. TARIFICATION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE EN COTE D'IVOIRE		52
1.	Tarification basse tension	52
2.	La tarification moyenne tension	52
3.	La tarification haute tension	53
II. ETUDE DE LA FACTURATION DE POSTEL 2001 ET RECOMMANDATIONS		54
1.	Description du contrat d'abonnement	54
2.	Profil de la consommation-analyse et recommandations	54
3.	Optimisation de la facturation électrique :	55
4.	Analyse financière	56

PARTIE V : ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET RECOMMANDATIONS.....	57
I. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL (E.I.E)	58
1. Généralités :	58
2. Calcul des volumes de gaz	59
3. Interprétation	61
II. RECOMMANDATIONS GENERALES	62
1. LA Reconsidération DE l'utilisation de l'énergie	62
2. L'ÉduCATION Des usagers	62
3. L'ELABORATION D'une démarche commerciale	62
4. L'Implication des politiques	62
5. LES Recherches scientifiques	63
6. LA Coopération internationale	63
7. L'utilisation de nouvelles énergies prometteuses	63
CONCLUSION GENERALE	64
BIBLIOGRAPHIE	65
ANNEXES	66

DEDICACE

A mon Père,

Qui daignera reconnaître en cette œuvre le fruit de son indéfectible sacrifice affectif, moral et financier qui a cultivé en moi les valeurs cartésiennes de l'amour et du travail, froments indispensables pour l'érection d'une personnalité acquise à la dignité humaine.

A tous mes amis et frères,

Qui ont cru en moi et m'ont soutenu inlassablement pendant les moments de joie et de peine.

REMERCIEMENTS

A travers cette page, nous voudrions manifester notre reconnaissance et notre gratitude envers tous ceux qui de près ou de loin nous ont aidés, suivis ou motivés à la réalisation de ce travail.

Ces personnes qui n'ont ménagé aucun effort en nous apportant leurs soutiens et collaboration. Cette gratitude s'adresse particulièrement à :

- ☐ Monsieur Thomas DJAKO professeur à l'E.I.E.R pour l'encadrement et les conseils qui nous ont éclairés lors de l'élaboration de notre mémoire ;
- ☐ Monsieur Ousmane N'DIAYE, directeur de E.C.A Côte d'Ivoire pour le dévouement particulier qu'il a constamment déployé à notre égard durant toute notre formation ;
- ☐ Monsieur Yézouma COULIBALY professeur à l'E.I.E.R pour sa disponibilité et l'intérêt particulier qu'il a accordé au thème de ce mémoire ;
- ☐ Tous le personnel de ECA pour leur collaboration lors de l'élaboration de notre mémoire ;

Nous vous en remercions vivement.

AVANT PROPOS

L'aube du 20^{ème} siècle a consacré les pays fortement industrialisés comme valeur de référence de la civilisation contemporaine fortement pétrie des progrès scientifiques et technologiques. Le gigantisme américain, tant adulé à travers le monde entier est le reflet matériel d'une citadelle culturelle résolument astreinte à la création, à la construction et à la découverte. A cet effet, à coté des voitures, industries, usines et autres œuvres, les buldings des villes américaines, de part leur splendeur, leur hauteur, leur occupation rationnelle de l'espace, leur utilité pratique, ont suscité bien d'émules parmi les capitales et villes cosmopolitaines des quatre coins du monde. Aujourd'hui de New York à Paris, de Yaoundé à Abidjan, la floraison de grands immeubles symbolise le modernisme. Au-delà de leurs aspects pittoresques, ils demeurent des bâtiments dont l'usage efficient s'accompagne d'un approvisionnement important en électricité. Le bâtiment et l'électricité, dans notre contexte constituent, une expression de propension de l'Homme au confort, au bien être. Or l'accès à l'aisance comporte un coût. Un coût aux multiples dimensions économiques, financiers et environnementales. Aujourd'hui, au-delà de l'apparat externe, l'aspect de ces bâtiments induit la présence d'un outillage : lampes électriques, ascenseurs, groupes frigorifiques, moteurs essentiellement alimentés par l'énergie électrique. La consommation énergétique d'un immeuble est financièrement coûteuse, toute chose qui peut affecter l'exploitation économique du bâtiment. Par ailleurs, les centrales thermiques qui assurent l'approvisionnement de ces immeubles en énergie à travers la combustion des hydrocarbures, sont des sources d'émanation des gaz à effet de serre et destructrice de la couche d'ozone. Malgré leur intérêt environnemental et leur rentabilité économique, des investissements pour l'efficacité énergétique ne pourront être rentables dans le monde entier en général et en Afrique en particulier qu's'il y a conjoncture d'une expertise technique et d'un cadre institutionnel adéquat. C'est dans ce cadre, qu'il nous a été confié cette étude : l'application des recommandations pour l'efficacité énergétique d'un immeuble en Côte d'Ivoire.

RESUME

La consommation énergétique annuelle de l'immeuble POSTEL 2001 atteint 6 842 412 kWh représentant environ 300 000 000 FCFA.

La mise en œuvre des recommandations du présent rapport permettra de réaliser environ 33 % d'économies sur cette consommation. Cela représente 2 382 509 kWh soit 97 000 000 FCFA d'économies auxquelles s'ajoutent 9 680 000 FCFA d'économies supplémentaires provenant de l'amélioration de la puissance souscrite et 4 250 000 FCFA de l'amélioration du facteur de puissance, soit une économie globale annuelle d'environ 111 000 000 FCFA.

Le tableau suivant résume les mesures quantitatives d'efficacité énergétiques identifiées à l'issue de notre étude.

Mesures	Economie annuelle kWh	Economie annuelle FCFA	Investissement FCFA	P.R ¹ (mois)
1. Réduction du temps de fonctionnement de l'éclairage	2 178 595	87 000 000	80 000 000	11
2. Réduction du temps de fonctionnement de l'éclairage	203 914	10 000 000	18 000 000	22
3. Ajustement du contrat de la facturation électrique		9 680 000	0	1
4. Amélioration du facteur de puissance		4 250 000	8 000 000	23
TOTAL	2 382 509	110 930 000	106 000 000	

Tableau a. : Récapitulatif des économies d'énergie.

Par ailleurs, cette étude va contribuer à la réduction du volume des gaz à effet de serre émanant de la combustion des hydrocarbures dans les centrales thermiques.

Les volumes de CO₂, HO₂ et SO₂ qu'on pourrait éviter à l'atmosphère en appliquant les recommandations de cette étude sont respectivement de 334,5 m³, 272,2 m³ 3,5 m³.

¹ Période de recouvrement

INTRODUCTION

A la question de savoir comment rationaliser la consommation de l'énergie dans un bâtiment, l'immeuble POSTEL 2001 sis à Abidjan situé en plein cœur du quartier Plateau a été le lieu de prédilection de cette centrée sur l'application des recommandations pour l'efficace énergétique d'un bâtiment.

Au plan financier, l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments concoure à la réduction des charges d'exploitation des installations techniques. Il apparaît donc indispensable, que les gestionnaires de ces édifices, aient des bâtiments efficaces par :

- ⇒ Une conception énergétique plus efficace des bâtiments ;
- ⇒ La réalisation d'études de diagnostics énergétiques ;
- ⇒ La mise en œuvre des recommandations.

C'est dans cette optique que se situe cette étude que nous avons menée dans le bâtiment POSTEL 2001 et réalisé le présent rapport dont les recommandations visent à réduire la consommation énergétique dans le respect des conditions de confort des occupants.

Notre méthodologie de travail au niveau de POSTEL 2001, a été dans un premier temps de faire l'état des lieux des installations techniques suivi d'un diagnostic énergétique. Les résultats de ce diagnostic nous ont permis d'orienter les économies d'énergie vers les installations de climatisation et d'éclairage.

Par la suite, nous allons faire l'étude de la facturation électrique et enfin étudier l'impact environnement d'un projet d'économie d'énergie dans le bâtiment.

PARTIE I : PRESENTATION

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ECA²

Le cabinet ECA œuvre dans le domaine de l'efficacité énergétique dans les secteurs tertiaire et industriel. Il est fondé par des professionnels qui se sont donnés pour mission de s'impliquer à toutes les étapes du processus de l'optimisation énergétique, aussi bien au niveau de la recherche qu'à celui du remaniement des méthodes d'exploitation des systèmes électromécaniques et des procédés jusqu'à l'implantation et le suivi des améliorations proposées et retenues. Aujourd'hui, le cabinet compte sur une équipe d'ingénieurs et de docteurs en génie énergétique. Ces techniciens ont fait leurs preuves dans le domaine comme conseiller auprès de la clientèle de secteur tertiaire et industriel. Au niveau de l'immeuble POSTEL 2001, ECA effectue essentiellement :

1. LA MAITRISE D'ŒUVRE DELEGUEE

Le cabinet ECA assure la maîtrise d'œuvre déléguée des installations techniques de l'immeuble POSTEL 2001 sous la supervision de la direction du patrimoine de l'ATCI³.

➤ *Suivi des travaux*

Travaux de maintenance

Les techniciens de ECA contrôlent quotidiennement les travaux de maintenance des différents lots techniques, vérifient le respect des plannings d'entretien préventif, la réalisation des dépannages et le bon fonctionnement des différents équipements.

Travaux neufs

ECA étudie la nécessité des travaux neufs et assure le suivi des nouvelles installations.

➤ *Participation à la gestion de l'immeuble*

ECA participe quotidiennement à la gestion de l'immeuble. A ce titre, il est associé à la résolution des problèmes se posant à l'immeuble.

Mise à jour des plans de l'immeuble

Les différents réaménagements effectués par les locataires depuis la construction de l'immeuble rendent caduques les plans existants et constituent ainsi un obstacle pour une gestion harmonique du bâtiment.

Ainsi le cabinet ECA a-t-il pris l'initiative d'une remise à jour des plans de l'immeuble. Les travaux sont en cours et ont permis, déjà, d'établir une répartition équitable de l'occupation des parkings entre les différents services occupant l'immeuble.

2. L'ECONOMIE D'ENERGIE

ECA contrôle la consommation électrique et la consommation de l'eau par des relevés quotidiens sur les compteurs, fait les études des factures d'électricité et propose aux gestionnaires de l'immeuble des mesures d'économie d'énergie.

ECA conseille et suggère l'application de nouvelles technologies en vue d'accroître le rendement énergétique de l'immeuble Postel 2001

² Experts conseils associés

³ Agence de télécommunication de Côte d'Ivoire

II. DESCRIPTION DU POSTEL 2001

1. GENERALITES

Le POSTEL 2001 a été construit en 1982. Il fait partie des plus grands bâtiments d'Abidjan et regroupe les services de l'ATCI, du ministère des infrastructures, du ministère des mines et de l'énergie, de Côte d'Ivoire-Télécom, de la société ivoirienne de la poste et de l'épargne (SIPE), de la caisse d'épargne et de chèque postal (CECP)
L'immeuble est composé d'une tour de forme cylindrique à 28 niveaux dont 2 sous-sols et d'une partie extension abritant les équipements de Côte d'Ivoire Télécom.
Il est doté d'un vitrage double légèrement teinté et réfléchissant. Son ratio d'ouverture sur murs est de 70%.

2. ARCHITECTURE

Description de l'édifice			
Total	Surface climatisée	Surface non climatisée	Total
	24631 m ²	72444m ²	97075m ²

Tableau I.a. : Description des surfaces climatisée de POSTEL 2001

3. DESCRIPTION DES EQUIPEMENTS TECHNIQUES

3.1. Installations électriques

L'installation se compose :

En production :

- d'une boucle en MT
- d'une distribution MT sur jeu de barres
- 4 transformateurs de 1000 kVa

En distribution :

- d'une sortie BT transfo à TGBT par câble ;
- d'un régime de neutre ;
- d'un TGBT⁴ extension alimenté par des transformateurs
- des tableaux divisionnaires

Il existe en outre 3 groupes électrogènes de puissance 750 kVa. Trois des 4 transformateurs sont associés à un comptage au primaire et facturés à l'ATCI.
Le 4^e est associé à un comptage au secondaire et facturé à Côte d'Ivoire télécom.

⁴ Tableau général basse tension

3.2. Installations de climatisation et de ventilation

Le conditionnement d'air concerne essentiellement 2 zones :

- la zone tour ;
- la zone extension.

La production d'eau glacée dans la tour est assurée par 3 groupes centrifuges de puissances 800 000 fg/h fonctionnant alternativement. A cette centrale sont associées des pompes de circulation d'eau qui véhiculent le fluide frigoporteur aux particuliers suivants :

- Mezzanine 1 (2 CTA⁵)
- Mezzanine 2 (3 CTA)
- Bureaux : chaque bureau est climatisé par un ou plusieurs V.C⁶ monté en allège,
- 23^e étage (1 CTA salle de conférence) ;
- 24^e étage (1 CTA salle de réception) ;
- 25^e étage (1 CTA) ;
- 27^e étage (2 CTA bar + salle de conférence 26^e étage).

Le refroidissement des condenseurs des 3 groupes est assuré par 2 tours aérorefrigérantes situées en terrasse.

Un groupe autonome à condenseur à air situé en terrasse (actuellement à l'arrêt) permet d'alimenter les appareils suivants en temps normal :

- l'ensemble des VC du 25^e étage
- le CTA de la machinerie ascenseurs du 14^e étage ;
- le CTA de la machinerie ascenseurs du 25^e étage ;

Le local de climatisation se trouve au 26^e étage et comporte 2 électropompes de circulation jumelées. Un raccordement hydraulique est prévu entre les canalisations du GF autonome et du GF tour.

Au niveau de la zone extension, la climatisation est assurée par :

- 2 groupes à eau glacée à pistons
- 2 tours aérorefrigérantes
- 2 armoires de traitement d'air ;
- des électropompes

3.3. Installations de plomberie sanitaire-protection incendie

L'installation comporte :

- un suppresseur incendie (3 groupes) électropompes dont un de secours fonctionnant par permutation manuelle ;
- un suppresseur sanitaire (3 groupes) électropompes fonctionnant en cascade avec permutation automatique ;
- une station de relevage située au sous-sol parking (3 groupes) électropompes submersibles dont 1 secours.

⁵ Caisson de traitement d'air

⁶ Ventilconvecteur

4. EXPLOITATION DES INSTALLATIONS TECHNIQUES :

L'exploitation des installations techniques de l'immeuble POSTEL 2001 est assurée par des entreprises de maintenance selon les lots définies sous la supervision de la Direction du patrimoine de l'ATCI assisté par un maître d'œuvre délégué. La répartition des différents lots est le suivant :

4.1. Lot électromécanique

L'ensemble des prestations de maintenance sur les lots électromécaniques est assuré par SEEE⁷-Côte d'Ivoire. A ce titre SEEE-CI assure la conduite et l'exploitation des équipements de climatisation, de plomberie sanitaire et d'électricité en faisant la maintenance curative et préventive.

Les principales réserves dont les solutions sont actuellement recherchées par l'ATCI, la maîtrise d'œuvre déléguée et SEEE-CI font la remise en état du groupe froid autonome en terrasse et le dépannage du groupe froid de l'extension de POSTEL 2001.

Cependant, SEEE-CI réclame encore :

- un bon de commande pour les raccordements hydrauliques du groupe froid autonome en terrasse ;
- des retards de paiement sur le contrat de maintenance.

4.2. Lot sécurité incendie

Les prestations de sécurité incendie sont assurées par l'entreprise AFRIQUE SECURITE. Ces prestations comprennent la surveillance et la maintenance des équipements de détections incendie ainsi que les dispositions de mise en sécurité incendie.

En effet, la rénovation entreprise par AFRIQUE SECURITE a été effectuée sur la centrale de détection incendie et comprend les travaux suivants :

- changement des armoires de détection
- changement des détecteurs
- réalisation des liaisons électriques entre la centrale et les détecteurs.

Cette nouvelle centrale est mise provisoirement en liaison avec la centrale de mise en sécurité existante qui devrait prendre en compte les portes coupe feu, les volets de désenfumages et les clapets coupe-feu. Ces éléments terminaux sont pour la plupart défectueux. L'état actuel de l'installation ne permet donc pas de circonscrire correctement un sinistre. C'est pourquoi l'ATCI doit prendre les dispositions suivantes :

- établir un contrat de maintenance des équipements ;
- établir un bon de commande de la rénovation des ports coupe-feu, clapets coupe et volets de désenfumage.

Ces travaux feront l'objet de propositions de devis de la part de Afrique Sécurité.

⁷ Société d'études d'entretien et d'équipement

4.3. Lot ascenseurs

Le lot ascenseurs comprend les prestations de surveillance et de maintenance des ascenseurs, et est assuré par l'entreprise LIFT-TEL.

LIFT TEL effectue les travaux de maintenance curative et préventive sur les ascenseurs.

La nacelle n'a pas été prise en compte dans le contrat de maintenance actuel entre l'ATCI et LIFT-TEL. C'est pourquoi les façades ne peuvent plus être nettoyées et les vitres brisées ne peuvent pas être remplacées du fait de la panne de la nacelle.

L'ATCI doit donc inclure la nacelle dans le contrat de maintenance des ascenseurs. De plus, l'ATCI doit à LIFT TEL des retards de factures et des bons de commande de travaux sur devis.

PARTIE II : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. MAITRISE DES PARAMETRES METEOROLOGIQUES

1. INTERACTIONS ENTRE LE CLIMAT ET LE BATIMENT

Si on se restreint au domaine de l'énergétique du bâtiment, les paramètres météorologiques importants sont :

- la température extérieure qui a une influence prépondérante sur la quantité d'énergie nécessaire pour maintenir, par rafraîchissement ou chauffage, une température intérieure différente de celle de l'extérieur.
- le rayonnement solaire qui chauffe le toit, les façades et le bâtiment en entrant par les vitrages.
- le vent qui modifie le taux de ventilation.
- l'humidité de l'air qui, avec la température, donne l'enthalpie de l'air extérieure.

Dans les bâtiments entièrement climatisés, la température et l'humidité doivent être contrôlées pour assurer le confort des locaux tout en optimisant la consommation d'énergie due à la climatisation, car toute modification de ces deux paramètres a une incidence importante sur la consommation d'énergie pour ce qui concerne les immeubles en particulier.

2. VALEURS MOYENNES

Pour estimer grossièrement la consommation d'énergie mensuelle ou annuelle, on utilise les données météorologiques moyennes. On peut par exemple estimer que les pertes thermiques du bâtiment seront proportionnelles à la différence entre les températures intérieures et extérieures moyennes, et que les apports solaires seront proportionnels au rayonnement solaire global moyen pendant la période considérée.

3. VALEURS EXTREMES

Par contre, pour dimensionner des installations de refroidissement (ou de chauffage), on peut adopter des valeurs extrêmes ou mieux, des probabilités de fréquence d'apparition de valeurs extrêmes.

En effet, une valeur extrême, par exemple la plus haute température observée, peut n'apparaître qu'une fois tous les 10 ans, pendant une courte durée. Si la climatisation d'un bâtiment est dimensionnée sur cette base, elle sera surdimensionnée pendant tout le reste du temps, et sa capacité ne sera même pas utilisée pendant un temps chaud de courte durée, parce que l'inertie du bâtiment refroidie peut être suffisante pour couper de consommation.

II. ACOUSTIQUE ET ENERGIE DANS LE BATIMENT

Il y a une interaction entre l'acoustique et l'énergie. En particulier toute transformation d'énergie génère du bruit, une partie de l'énergie étant transformée en vibration mécanique. D'autre part, un dispositif acoustique placé dans le bâtiment peut avoir un effet sur le comportement thermique et réciproquement.

1. SOURCE DE BRUIT

Les installations de transformation d'énergie (pompe, moteur, compresseurs, machines frigorifiques) sont des sources de bruit. Le niveau de bruit dans les zones habitées dû à ces installations doit être imperceptible.

On veillera donc à acheter des installations silencieuses, à les poser sur des blocs amortisseurs (silentbloks) pour que les vibrations ne se transmettent pas à la structure, et à les poser dans des locaux isolés.

La circulation de l'eau dans les conduites de petit diamètre est très souvent aussi source de bruit. Cependant, il peut être gênant (du point de vue énergétique) de poser des conduites de gros diamètres. En effet, on augmente le contenu énergétique de ces conduites, donc les pertes dynamiques.

Pour éviter la transmission à la structure des bruits de circulation d'eau, il faut fixer les conduites par l'intermédiaire d'une bague poreuse et molle, ce mode de faire améliore aussi l'isolation thermique des conduites.

2. ISOLATION ACOUSTIQUE D'UN BATIMENT

Pour éviter que des bruits générés à un endroit aillent gêner dans un autre endroit, il faut prévoir des isolations acoustiques s'il n'est pas possible de diminuer suffisamment la puissance de la source. En particulier dans le bâtiment, les appartements doivent être suffisamment isolés les uns des autres pour que les habitants ne se gênent pas mutuellement.

Les bruits se transmettent au travers de l'air (bruits aériens), mais aussi au travers de la structure solide d'un bâtiment. Les bruits aériens n'arrivent pas à faire vibrer fortement la structure solide d'un bâtiment. Par contre, les bruits d'impact se transmettent fort bien par la structure.

Pour éviter ces transmissions, il faudra donc couper toutes les voies possibles.

2.1. Isolation aux bruits aériens

L'isolation acoustique peut être obtenue en réfléchissant l'onde acoustique vers la source. Des parois rigides et massives conviennent dans ce but. On peut aussi obtenir une certaine isolation acoustique en absorbant physiquement l'onde pour la transformer en chaleur. Pour cela, il est recommandé d'utiliser des matériaux poreux et mous.

Les ondes aériennes se propageant facilement par toute ouverture ou par les canalisations, il serait judicieux d'en tenir compte pour le dimensionnement des canaux de ventilation ou des gaines.

2.2. Isolement contre les bruits d'impact

Pour éviter la transmission des bruits d'impact, il faut éviter que les impacts fassent vibrer la structure. Pour ce, il convient de mettre une couche molle (non élastique) entre l'impact et la structure. Une méthode efficace, est la pose d'une chape flottante sur dalle massive. La chape étant posée sur une couche de fibres minérales, elles-mêmes posée sur la dalle.

III. ECLAIRAGE EFFICACE DANS LE BATIMENT

Les mesures d'efficacité énergétique applicables en matière d'éclairage peuvent être différentes selon le type de local à éclairer et selon le budget disponible. Ces deux paramètres conditionneront les solutions adoptées. Néanmoins, une procédure normale consiste à évoluer, des solutions simples qui sont les moins onéreuses vers des solutions techniquement plus lourdes qui requièrent des budgets plus importants. Parmi les différentes catégories de mesures d'efficacité énergétique, on retiendra donc le cheminement suivant, dans l'ordre croissant des budgets nécessaires

- réduction des temps d'utilisation de l'éclairage existant ;
- réduction des niveaux d'éclairage des systèmes existants ;
- utilisation des sources lumineuses plus efficaces ;
- réaménagement complet de l'éclairage des locaux.

Pour chaque catégorie, on trouvera un tableau récapitulatif des mesures d'efficacité énergétique qui indique le type de locaux où la mesure s'applique.

Un deuxième tableau donne un ordre de grandeur du temps de recouvrement de l'investissement, afin d'évaluer, dans chaque cas la rentabilité de la mesure.

1. REDUCTION DU TEMPS D'UTILISATION DE L'ECLAIRAGE EXISTANT

Même si cela paraît évident, c'est quand l'éclairage est à l'arrêt que l'on économise le plus d'énergie et ceci, quel que soit le type de système d'éclairage. Ainsi, il est important d'optimiser les temps de fonctionnement des installations d'éclairage. Les mesures d'efficacité énergétique relatives à la diminution des temps de fonctionnement des systèmes d'éclairage doivent être envisagées en premier lieu puisque leur rentabilité est souvent bonne. Par ailleurs, elles sont un préalable au calcul de la rentabilité de toute autre mesure.

Pour chaque espace, on définira un emploi du temps des systèmes d'éclairage et on choisira un matériel de contrôle adapté à l'utilisation spécifique des locaux. Dans la mesure du possible, on utilisera les systèmes déjà en place dans le bâtiment. On pourra par exemple exploiter une horloge ou une commande centralisée existante. Les autres mesures réfèrent à l'utilisation d'accessoires de contrôle plus ou moins sophistiqués qui vont de l'interrupteur à la commande centralisée.

REDUCTION DES TEMPS D'UTILISATION									
N°	Mesure d'efficacité énergétique	B	C	T	V	P	S	E	U
1	Campagne de sensibilisation	X	X	X	X	X	X		
2	Utilisation d'interrupteurs	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Utilisation d'interrupteurs minutés		X (1)				X (1)		
4	Utilisation de cellule photoélectrique		X (3)		X (4)		X (5)		
5	Utilisation de détecteur de présence		X (1)						
6	Utilisation d'horloge	X	X	X	X	X	X	X	
7	Utilisation d'une commande centralisée	X	X	X	X	X	X	X	
8	Utilisation en série d'une horloge et cellule photoélectrique					X (6)	X (6)	X (6)	

Tableau II.1 : Mesures d'économie d'énergie (1)

- B** : Espaces de bureaux ouverts ou fermés
C : Espace commun dans les édifices à bureaux
T : Espace de grande hauteur à vocation technique ou industrielle
V : Espaces commerciaux (boutiques, centre d'achat, grands espaces de vente)
P : Aire de stationnement extérieur et voie de circulation
S : Aménagement sportif (gymnase)
E : Eclairage architectural et décoratif
U : Eclairage d'urgence

- (1) : Applicable dans les toilettes.
 (2) : Applicable dans les vestiaires et les sanitaires.
 (3) : Applicable dans les cafétérias.
 (4) : Applicable au niveau des puits de lumière.
 (5) : Applicable au niveau des terrains de sport
 (6) : Applicable aux aires extérieures.

REDUCTION DES TEMPS D'UTILISATION					
N°	Mesure d'efficacité énergétique	PRI < 1	PRI < 3	PRI < 5	PRI > 5
1	Campagne de sensibilisation	X			
2	Utilisation d'interrupteurs		X		
3	Utilisation d'interrupteurs minutés		X		
4	Utilisation de cellule photoélectrique		X		
5	Utilisation de détecteur de présence		X		
6	Utilisation d'horloge		X		
7	Utilisation d'une commande centralisée				X
8	Utilisation en série d'une horloge et d'une cellule photoélectrique			X	

Tableau II.2 : Rentabilité des mesures d'économie d'énergie (1)

PRI : Période de recouvrement de l'investissement (an)

2. REDUCTION DES NIVEAUX D'ECLAIREMENT DES SYSTEMES EXISTANTS

Cette deuxième catégorie de mesures d'efficacité énergétique nécessite des moyens techniques faibles. Elle présente donc souvent des rentabilités intéressantes.

La réduction des niveaux d'éclairage peut être obtenue par trois méthodes principales :

- suppression de certains luminaires
 Il faudra alors vérifier la diffusion lumineuse obtenue. On cherchera à limiter les espaces non éclairés. Dans certains cas, on pourra être amené à localiser les lampes restantes.
- réduction de la puissance pour un même type de lampes
 Parfois, la source de lumière est adaptée mais sa puissance est excessive. On pourra alors remplacer cette lampe par une lampe de puissance inférieure.
- utilisation d'accessoires qui permettent d'abaisser le niveau d'éclairage d'un luminaire donné. On pourra, dans certains cas, associer deux de ces accessoires pour obtenir un contrôle plus sophistiqué.

Les niveaux d'éclairage mesurés doivent tenir compte de la dépréciation du flux lumineux au cours de la vie utile des lampes. En effet, le niveau d'éclairage mesuré peut paraître trop élevé

pour une lampe neuve, mais il ne le sera peut-être plus après un certain nombre d'heures d'utilisation.

REDUCTION DES NIVEAUX D'ECLAIREMENT									
N°	Mesures d'efficacité énergétique	B	C	T	V	P	S	E	U
9	Suppression de certains luminaires	X	X	X	X	X	X	X	X
10	Réduction de la puissance de la lampe	X	X	X	X	X	X	X	X
11	Utilisation de gradateur	X	X						
12	Utilisation de diodes	Solution à éviter							
13	Utilisation de limiteur de courant								
14	Utilisation de tube fantôme	X	X						
15	Suppression de 2 tubes sur 4	X	X						
16	Jumelage d'une cellule photoélectrique et d'un gradateur	X			X		X		

Tableau II.3 : Mesures d'économie d'énergie (2)

B : Espaces de bureaux ouverts ou fermés

C : Espace commun dans les édifices à bureaux

T : Espace de grande hauteur à vocation technique ou industrielle

V : Espaces commerciaux (boutiques, centre d'achat, grands espaces de vente)

P : Aire de stationnement extérieur et voie de circulation

S : Aménagement sportif (gymnase)

E : Eclairage architectural et décoratif

U : Eclairage d'urgence

REDUCTION DES NIVEAUX D'ECLAIREMENT					
N°	Mesure d'efficacité énergétique	PRI < 1	PRI < 3	PRI < 5	PRI > 5
9	Suppression de certains luminaires	X			
10	Réduction de la puissance de la lampe	X			
11	Utilisation de gradateur		X		
12	Utilisation de diodes	X	X		
13	Utilisation de limiteur de courant		X		
14	Utilisation de tube fantôme		X	X	
15	Suppression de 2 sur 4	X			
16	Jumelage d'une cellule photoélectrique		X		

Tableau II.4 : Rentabilité des mesures d'économie d'énergie (2)

PRI : Période de recouvrement de l'investissement (an)

3. UTILISATION DE SOURCES LUMINEUSES PLUS EFFICACES

Les mesures proposées jusqu'ici présentent une bonne facilité d'implantation et une rentabilité élevée. Les mesures relatives à l'adoption de sources lumineuses plus efficaces, peuvent se limiter au changement de lampe mais nécessitent parfois le remplacement complet de la lampe incluant le ballast. Elles peuvent donc nécessiter des moyens techniques et financiers plus importants.

Le type de source lumineuse à choisir sera influencé par trois paramètres essentiels :

- l'indice de rendu des couleurs nous indiquera si la source de remplacement présente une chromaticité adaptée à la tâche à accomplir dans le local.
- l'efficacité lumineuse de la lampe en lumen/watt nous renseigne sur les économies d'énergie réalisables.
- la durée de vie de la lampe indique les interventions qui seront nécessaires en matière d'entretien des systèmes.

Si l'on doit simplement remplacer une lampe grillée, on pourra adopter une source de même type mais plus efficace

Par contre, si au travers des critères précédents, on décide de changer le type de source lumineuse, cela nécessite le plus souvent une rénovation complète et donc, des budgets adaptés. Lorsque l'on rénove au complet un bâtiment, on s'intéressera directement aux sources les plus efficaces.

UTILISATION DE SOURCES LUMINEUSES PLUS EFFICACES									
N°	Mesure d'efficacité énergétique	B	C	T	V	P	S	E	U
17	Remplacer les lampes incandescentes par des incandescents plus efficaces	X	X	X					
18	Remplacer les lampes incandescentes par des fluorescents compacts	X	X						
19	Remplacer les lampes incandescentes par des fluorescents	X	X	X	X		X		
20	Remplacer les lampes incandescentes par des lampes halogènes		X		X		X	X	
21	Remplacer les lampes incandescentes par des lampes halogènes de métal		X		X		X		
22	Remplacer les lampes incandescentes par des lampes au sodium haute pression ordinaires ou à rendu de couleur amélioré		X	X	X	X		X	
23	Utiliser des panneaux LED pour les sorties de secours	X	X	X	X	X	X	X	X
24	Remplacer les lampes halogènes par des lampes fluorescentes compacts	X	X		X				
25	Remplacer les lampes halogènes par des tubes fluorescents	X	X		X				
26	Remplacer les lampes halogènes par des halogénures de métal						X		
27	Remplacer les lampes halogènes par des sodiums haute pression ordinaires ou à rendu de couleur amélioré			X		X		X	
28	Remplacer les tubes fluorescents de 40 W par des tubes T8 de 34 W	X	X	X	X		X		X
29	Remplacer les tubes fluorescents 40 W par des tubes économiseurs de 32 W	X	X	X	X		X		X
30	Remplacer les tubes fluorescents 40 W par des tubes T8 de 32 W	X	X	X	X		X		X
31	Utilisation de tubes à transformateur intégré	X	X	X	X		X		X
32	Utilisation de ballast économiseur d'énergie en éclairage fluorescent	X	X	X	X		X		X
33	Utilisation de ballast électronique	X	X	X	X		X		X
34	Utilisation de réflecteurs en éclairage fluorescent	X	X	X	X		X		X
35	Utilisation de louvres paraboliques	X	X	X	X		X		X
36	Utilisations de louvres paraboliques	X	X						
37	Remplacement des lampes à vapeur de mercure par des lampes aux halogénures de métal			X			X	X	
38	Remplacement des lampes à vapeur de mercure par des lampes au sodium haute pression			X		X		X	X
39	Remplacement des lampes à vapeur de mercure par des lampes au sodium haute pression			X		X		X	X
40	Remplacement des lampes aux halogénures de métal des lampes au sodium haute pression			X		X		X	X

Tableau II.5 : Mesures d'efficacité énergétique (3)

B : Espaces de bureaux ouverts ou fermés

C : Espace commun dans les édifices à bureaux

T : Espace de grande hauteur à vocation technique ou industrielle

V : Espaces commerciaux (boutiques, centre d'achat, grands espaces de vente)

P : Aire de stationnement extérieur et voie de circulation **E** : Eclairage architectural et décoratif

S : Aménagement sportif (gymnase)

U : Eclairage d'urgence

UTILISATION DE SOURCES LUMINEUSES PLUS EFFICACES					
N°	Mesures d'efficacité énergétique	PRI < 1	PR < 3	PR < 5	PR > 5
17	Remplacer les lampes incandescentes par des incandescents plus efficaces	X	X		
18	Remplacer les lampes incandescentes par des lampes compactes	X	X		
19	Remplacer les lampes incandescentes par des tubes fluorescents		X		
20	Remplacer les lampes incandescentes par des lampes halogènes		X		
21	Remplacer les lampes incandescentes par des lampes halogènes de métal			X	X
22	Remplacer les lampes incandescentes par des lampes au sodium haute pression ordinaires ou à rendu de couleur amélioré			X	X
23	Utilisation de panneaux LED pour les sorties de secours			X	XX
24	Remplacer les lampes halogènes par des lampes fluorescentes compactes		X		
25	Remplacer les lampes halogènes par des tubes fluorescents			X	
26	Remplacer les lampes halogènes par des halogénures de métal				X
27	Remplacer les lampes halogènes par des sodiums haute pression ordinaire ou à rendu de couleur amélioré				X
28	Remplacer les tubes fluorescents 40 W par des tubes de 34 W	X	X		
29	Remplacer les tubes fluorescents 40 W par des tubes économiseurs 32 W		X	X	
30	Remplacer les tubes fluorescents 40 W par des tubes T8 de 32 W			X	X
31	Utilisation de tubes à transformateur intégré				X
32	Utilisation de ballast économiseur d'énergie en éclairage fluorescent		X	X	
33	Utilisation de ballast électronique tubes				X
34	Utilisation de réflecteurs en éclairage fluorescent		X		
35	Utilisation de lentilles plus efficaces en éclairage fluorescent		X		
36	Utilisation de louveres paraboliques	Mesure de confort, ne génère pas d'économie			
37	Remplacement des lampes à vapeur de sodium		X	X	
38	Remplacement des lampes à vapeur de mercure par des lampes au sodium hautes pression		X		
39	Remplacement des lampes à vapeur de mercure par des lampes au sodium basse pression		X		
40	Remplacement des lampes aux halogénures de métal par des lampes au sodium haute pression				X

Tableau II.6 : Rentabilité des mesures d'efficacité énergétique (3)

4. REAMENAGEMENT DE L'ECLAIRAGE DES LOCAUX

Lors d'une rénovation importante des locaux, on pourra envisager un réaménagement complet des systèmes d'éclairage. Dans ce cas, on devra au préalable :

- choisir des systèmes de contrôle permettant d'optimiser les temps de fonctionnement des systèmes d'éclairage.
- choisir la source lumineuse qui offre la meilleure rentabilité à long terme, en fonction de l'efficacité lumineuse, de la durée de vie et du rendu de couleur souhaité.

On pourra alors adopter un principe d'aménagement du système d'éclairage qui permet de tirer la meilleure partie des choix d'appareillage.

5. ECLAIRAGE NATUREL ET EFFICACITE ENERGETIQUE :

L'éclairage naturel est intéressant du point de vue énergétique. En effet il n'absorbe aucune énergie, et chauffe moins, à éclairage égal, que toute source disponible dans le commerce pour l'éclairage des bureaux. Ceci est intéressant dans les locaux climatisés où toute source supplémentaire de chaleur apportée charge l'installation de réfrigération. Si l'on désire profiter de l'éclairage naturel, il convient de lui permettre, par des ouvertures adéquates, de pénétrer à l'intérieur du bâtiment.

IV. CLIMATISATION EFFICACE ET NOTION DE CONFORT THERMIQUE

Les systèmes de climatisation assurant le confort thermique sont nombreux et variables pour ce qui concerne le bâtiment en général. Mais pour le cas particulier des grands immeubles, le système de climatisation le plus utilisé est la climatisation centralisée à eau glacée.

1. LA CLIMATISATION CENTRALISEE A EAU GLACEE

Des mesures préventives et curatives sont nécessaires pour assurer un fonctionnement rationnel de la climatisation dans les immeubles.

1.1. Améliorer la performance du refroidisseur

Ajuster la température d'eau glacée selon la saison (ou les besoins) tout en la maintenant la moins froide possible. Le réglage manuel ou automatique du point de consigne de la température de l'eau permet d'accroître la puissance de refroidissement ou de réduire les besoins d'énergie lorsque la puissance ne doit pas être accrue.

1.2. Réduire la durée de fonctionnement du système

Arrêter le refroidisseur et les pompes durant les périodes inoccupées sauf peut-être durant une période de chaleur excessive.

1.3. Améliorer la performance du condenseur

Réduire la température de l'eau de refroidissement au degré le plus bas acceptable.

1.4. Les travaux d'entretien

- *surveiller l'encrassement du condenseur*

Enregistrer la perte de pression de l'eau de refroidissement afin de vérifier l'encrassement progressif du condenseur.

- *surveiller les pertes de pression du reseau hydraulique*

Les pertes de pression du reseau hydraulique sont de bons indicateurs d'entartrage.

- *ameliorer la performance de la tour de refroidissement*

Verifier les points suivants :

- gicleurs obstrues
- distribution d'air inegale a la surface de la tour

- *eliminer la recirculation d'air saturé d'eau*

Certains emplacements favorisent la recirculation d'air saturé d'eau dans les tours. Ils reduisent ainsi de facon considerable l'efficacite de ces tours. Cette situation peut etre corrigee en ajoutant des chicanes ou canalisations pres des sorties d'air.

2. NOTION DE CONFORT EN CLIMAT TROPICAL

L'efficacite energetique etant la satisfaction du confort au moindre cout energetique et financier, il nous apparait donc essentiel de faire un rappel des notions et des terminologies utilisees en matiere de confort et aussi de mettre a la disposition du public, les resultats d'etudes dont la contribution nous parait interessante sur le sujet.

2.1. Généralités sur le confort thermique

2.1.1. Le climat

On distingue differents types de climat selon la latitude, la caracteristique du site, la clarté du ciel et du lieu ou on se trouve sur le globe.

Dans les pays dits chaud (climat tropical et desertique), on pourrait (de facon grossiere) regrouper l'ensemble en deux categories : le climat tropical humide et le climat tropical sec. Il faut ajouter a ces deux grandes categories, celles des climats de transition entre plusieurs zone.

Dans le cas de la Cote d'Ivoire, on retrouve les differentes categories de climats citees ainsi que differentes variantes se situant dans des zones de transition.

2.1.2. Le metabolisme humain

L'homme appartient a la minorite des etres vivants dits a « sang chaud », c'est a dire qu'il conserve une temperature centrale assez stable dans un intervalle etendu de temperature ambiante, independamment de l'activite physique.

D'après les lois fondamentales des échanges thermiques, il doit y avoir un équilibre entre la production continue de la chaleur interne et les échanges de chaleur avec l'environnement. A cet état d'équilibre, la température du corps est maintenue constante entre 36,5 et 37 °C par le sang qui parcourt toutes les parties du corps.

L'homme a une limite de refroidissement maximum de sa température centrale voisine de 20°C et il ne peut résister à une température interne au-delà de 43 °C

2.1.3. Le métabolisme thermique

Exposé à la chaleur, l'organisme augmente le transport interne de chaleur par vasodilatation⁸ des vaisseaux sanguins irriguant la peau ; ce qui entraîne une augmentation de la température cutanée, facilitant ainsi les pertes de chaleur par convection, rayonnement et conduction, du corps humain vers le milieu ambiant.

Lorsque la vasodilatation ne suffit pas à équilibrer le gain de chaleur, l'organisme met en jeu les mécanismes sudoraux⁹ : les glandes sudoripares situées au niveau de la peau vont sécréter puis excréter la sueur qui s'étale sur la peau et refroidit le corps en s'évaporant.

2.2. Concepts et terminologie utilisée

2.2.1. Concepts

Le confort thermique est en définitif celui de l'occupant de l'habitation. C'est donc un concept subjectif, qui connote d'une variabilité individuelle gênante pour un décideur. C'est la raison pour laquelle on a cherché à remplacer ce concept, par un autre plus objectif, qui s'il ne constitue pas un substitut totalement valide, en fait du moins, une approximation satisfaisante.

Ce concept est la neutralité thermique, qui peut se définir objectivement à partir de mesures des grandeurs thermophysiques.

En parallèle à l'étude de ce critère objectif, on associe, à partir des estimations subjectives exprimées par des échantillons d'individus, une sensation thermique donnée, à un jugement affectif.

Ainsi, le confort thermique peut être établi sur la base de critères psychologiques que sont la thermoneutralité sensorielle (le sujet déclare ne ressentir ni le chaud ni le froid) et le confort déclaré (le sujet déclare ressentir de l'agrément, ou ne signale pas de désagrément thermique). Le premier aspect pose le postulat que le confort thermique est à l'état zéro du ressenti physiologique et le second, l'état plaisir du ressenti physiologique.

2.2.2. Les paramètres du confort thermique

Six facteurs essentiels sont déterminants dans les échanges thermiques, ainsi que dans l'estimation subjective du confort thermique chez l'homme : le vêtement et l'activité (pour l'individu), la température de l'air, la température moyenne de rayonnement, l'humidité et la vitesse de l'air pour l'environnement.

2.2.3. Confort et échange thermique

⁸ Augmentation du calibre des vaisseaux sanguins par relâchement de leurs cellules musculaires.

⁹ Relatif à la sueur

L'homme a une impression de confort thermique s'il y a équilibre entre la quantité de chaleur produite par le corps et celle dissipée dans le milieu extérieur.

$S = Q_{\text{produite}} - Q_{\text{dissipée}}$.

S étant la quantité de chaleur stockée ou perdue par le corps :

$S = 0$: l'individu est en équilibre ;

$S < 0$: il y a perte de chaleur, d'où l'impression de froid ;

$S > 0$: il y a gains de chaleur, d'où impression de chaud.

On définit la quantité de chaleur produite ou dissipée par :

$S = (M - W) - (E_d + E_{sw} + Res + C + R + K)$.

Avec :

M : métabolisme ;

W : travail externe (en général négligeable) ;

E_d : perspiration (légère transpiration) insensible ;

E_{sw} : évaporation de sueur ;

Res : échange respiratoire ;

C : échange convectif ;

R : échange radiatif ;

K : échange conductif (en général négligeable).

2.2.4. Définition du confort thermique

On définira le confort thermique comme étant la conjonction :

- de l'état thermique d'un être humain chez qui les bilans, global d'une part, locaux (tête, tronc, mains, etc.) d'autre part, de la production de chaleur par le métabolisme et des échanges de chaleur entre son corps et le milieu sont nuls ;
- et d'une expérience subjective de satisfaction relative à son état thermique personnel, globalement et localement, à l'ambiance climatique du moment et aux mécanismes thermorégulateurs éventuellement mis en jeu.

V. NORMES RELATIVES A L'ECLAIRAGE ET A LA CLIMATISATION

1. LES NORMES RELATIVES A L'ECLAIRAGE ARTIFICIEL

A chaque étape de la réalisation d'une installation d'éclairage, il existe une loi, une norme ou des recommandations qui doivent être appliquées :

On trouve donc :

- les normes de conception de l'installation qui définissent les objectifs à atteindre en matière de confort visuel ;

Les normes de l'IES (Illuminating Engineering Society) (Handbook 19987)

Les normes de l'IES sont les plus couramment utilisées dans la conception d'installation d'éclairage. Elles tiennent compte de différents paramètres tels que :

- le type d'espace desservi ;
- l'âge de l'utilisateur ;
- l'importance de la vitesse et de la précision de lecture ;
- la réflectance de tâche.

Les espaces sont répartis en différentes catégories selon le type d'activité, identifié de A à I :
Les catégories A, B et C sont relatives à l'éclairage général des locaux, les catégories D à F se réfèrent à l'éclairage spécifique des plans de travail, alors que les catégories G à I sont relatives à l'éclairage total des plans de travail où une grande précision est requise.

Type d'activité	Catégorie	Place d'éclairage (lux)	Espace desservi
Circulation	A	20 – 30 – 50	Eclairage général
Attente de courte durée	B	50 – 75 – 100	
Espace de travail où les tâches visuelles sont occasionnelles	C	100 – 150 – 200	
Tâches visuelle, contraste fort	D	200 – 300 – 500	Eclairage de plan de travail
Tâche visuelle, contraste moyen	E	500 – 750 – 1000	
Tâche visuelle, contraste faible	F	1000 – 1500 – 2000	
Tâche visuelle, contraste faible pendant une longue période	G	2000 – 3000 – 5000	Eclairage de plan de travail obtenu par l'éclairage d'ambiance et localisé
Tâche visuelle prolongée et de précision	H	5000 – 7500 – 10000	
Tâche visuelle spéciale, très faible contraste	I	10000 – 15000 - 20000	

Tableau II.7 : niveau d'éclairement pour les activités intérieures

Les niveaux d'éclairement d'ambiance sont également pondérés avec l'âge des usagers et les pourcentages de réflectance des surfaces.

Facteur de pondération Age moyen des occupants	Réflectance des surfaces en %	Catégorie d'éclairement		
		A	B	C
Mois de 40 ans	+ 70	20	50	100
	30 – 70	20	50	100
	- 30	30	75	150
40 – 50 ans	+ 70	20	50	100
	30 – 70	30	75	150
	- 30	50	100	200
Plus de 55 ans	+ 70	30	75	150
	30 – 70	50	100	200
	-30	50	100	200

Tableau II.8 : Ajustement des niveaux d'éclairement en fonction de l'âge.

2. NORMES IVOIRIENNES NI 12.01.003 RELATIVE A LA CLIMATISATION

2.1. Objet

La présente norme a pour objet de fixer les conditions intérieures de température, de degré hygrométrique et de renouvellement d'air dans les locaux climatisés. Ces conditions sont établies de manière à minimiser la dépense énergétique de climatisation compte tenu des contraintes de confort.

2.2. Domaine d'application

La présente norme s'applique à tout local qui bénéficie d'une climatisation autre que naturelle.

2.3. Référence :

Norme ISO 7726 : Ambiances thermiques. Appareils et méthodes de mesures des grandeurs physiques.

2.4. Classification

2.4.1. Zone climatiques de la Côte d'Ivoire

- Zone A : le sud (climat humide)
- Zone B : le centre (climat de transition)
- Zone C : le nord (climat sec)

2.4.2. Groupe de locaux

Les locaux sont classés en 5 groupes, chaque groupe étant caractérisé par des conditions intérieures de référence :

- Groupe 1 : bureaux, salles de classe et bibliothèques
- Groupe 2 : logement, chambres d'hôtel
- Groupe 3 : halls d'entrée, circulations
- Groupe 4 : amphithéâtres, salles de spectacle, salles de réunion, bureaux de poste, bureaux de banque et restaurants
- Groupe 5 : locaux spécialisés

2.5. Caractéristiques requises

La température, le degré hygrométrique et le taux de renouvellement d'air à maintenir d'un local climatisé sont fixés comme indiqué dans les tableaux ci-dessous.

- (3) Sans exigence.
- (4) Exprimé en mètre cube par heure et par mètre carré de plancher.
- (5) Taux admissible dans les locaux recevant des fumeurs.
- (6) Conditions à fixer suivant la nature et les équipements du local.

Groupe de locaux	Locaux occupés			Locaux temporairement inoccupés (2)			Locaux durablement inoccupés		
	temp. °C	Hygro %HR	air m3/h/p	temp. °C	Hygro %HR	air m3/h/p	temp. °C	Hygro %HR	air m3/h/p
1	26-27	55-50	18	(3)	(3)	0,5	(3)	(3)	0,5
2	26-27	55-50	25	(3)	(3)	1	(3)	(3)	1
3	28-29	(3)	0,5 (4)	(3)	(3)	0,5	(3)	(3)	0,5
4	26-27	55-50	20 30 (5)	(3)	(3)	0,5	(3)	(3)	0,5
5	Conditions particulières (6)								

Tableau II.11 : Caractéristiques requises en zone C (1)

Note :

- (1) Caractéristiques préconisées lorsque la température sèche extérieure est supérieure ou égale à 29°C. Lorsque la température sèche extérieure est inférieure à 29°C, un écart de 2°C entre la température sèche extérieure et la température sèche intérieure peut être maintenue.
- (2) En période d'inoccupation.
- (3) Sans exigence.
- (4) Exprimé en mètre cube par heure et par mètre carré de plancher.
- (5) Taux admissible dans les locaux recevant des fumeurs.
- (6) Conditions à fixer suivant la nature et les équipements du local.

**PARTIE III : DIAGNOSTIC ÉNERGETIQUE DE POSTEL 2001
ET RECOMMANDATIONS**

I. DIAGNOSTIC ÉNERGETIQUE POSTEL 2001 ET RECOMMANDATIONS

1. METHODOLOGIE DE TRAVAIL

Le diagnostic énergétique que nous avons eu à mener c'est déroulé de la façon suivante :

1.1. Mesures d'intensité du courant électrique

➤ Prise instantanée d'intensité

Pour les auxiliaires des groupes frigorifiques à savoir les pompes eau glacée et pompes condenseur, nous avons effectué des prises instantanées de courant à l'aide de pinces ampèremétriques.

➤ Pose de ACR¹⁰

Pour les postes suivants :

- groupe frigorifique ;
- ascenseurs batterie haute ;
- ascenseurs batterie basse ;
- éclairage ;
- cuisine ;
- supprimeurs sanitaires,

On a posé pendant quelques jours des ACR sur les départs du courant des différents postes. Les ACR permettant l'enregistrement automatique et instantané de l'intensité du courant puis la lecture sur micro ordinateur, on détermine aisément l'intensité moyenne par simple intégration.

➤ Recensement

Pour ce qui concerne les splits, les caissons les extracteurs et les ventiloconvecteurs, nous nous sommes référés aux données existantes du dernier rapport de diagnostic énergétique de POSTEL 2001.

1.2. Calcul des consommations énergétiques

Le calcul des consommations énergétiques les hypothèses que nous avons faites concernant le temps de fonctionnement des différents équipements sont les suivantes :

- pour les splits, les caissons, les extracteurs, le groupe frigorifique et ses auxiliaires, on a supposé que ces équipements fonctionnaient 24h/24h par jour. Ce qui fait un total horaire de 8760 heures pour une année.
- pour ce qui concerne l'éclairage, le listing des résultats des ACR a montré que l'éclairage fonctionnait en général de 7h à 22h soit 15h la journée. Si on tient compte du week-end (le samedi et dimanche), les calculs¹¹ nous donnent un total horaire d'environ 3900 heures annuellement.

¹⁰ Alternative current register

¹¹ (22 - 7) heures * 365 jours - (22 - 7) heures * 2 jours * 52 semaines.

- ❑ pour la cuisine en considérant qu'elle fonctionne 7h par jour on obtient un total horaire annuel de 2555 heures.
- ❑ pour ce qui concerne les supprimeurs sanitaires et les ascenseurs, on a estimé leur temps de fonctionnement annuel respectivement à 7008h et 936h.
- ❑ pour le poste (autres), c'est à dire l'ensemble des appareils électriques, les appareils électroménagers, et les divers équipements sur lesquels nous n'avons pu effectuer de mesures, nous avons fait l'hypothèse que la consommation de ce poste représentait environ 5% de la consommation totale de l'ensemble des autres postes.

Par la suite, ayant obtenu les mesures des intensités du courant électrique relevées avec les ACR, on détermine la consommation énergétique des différents postes par la formule suivante :

$$W = P * t = U * I * (\sqrt{3})^{1/2} * \cos(\phi) * t$$

Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau suivant :

Désignation	I(A)	P (kW)	Nbre Heures	Conso. Annuelle (kWh)	Ratios %
1- Refroidissement					
1.1-G.F et auxiliaires					
GF	369.4	206,64	8760	1810210	26,63%
Pompe eau glacée primaire	16,2	9,06	8760	79393	1,17%
Pompe eau glacée secondaire	15,9	8,90	8760	77923	1,15%
Pompe condenseur	17,2	9,62	8760	84294	1,24%
Tour n°1	44	24,62	8760	215635	3,17%
Tour n°2	21	11,75	8760	102917	1,51%
1.2-Splits					
Agence commerciale	15	8,39	8760	73512	1,08%
Groupe électrogène	6,4	3,58	8760	31365	0,46%
RDC	12,5	6,99	8760	61260	0,90%
Total		289,56		2536509	37,28%
2-Ventilation					
2.1-Caissons					
		41,61		364522	5,36%
Bar 26 ème	2,26	1,26	8760	11076	0,16%
Salle de conférence 26 ème	1,45	0,81	8760	7106	0,10%
Batterie haute ascenseurs	0,1	0,06	8760	490	0,01%
Batterie basse ascenseurs	1,8	1,01	8760	8821	0,13%
Salle reception 26 ème	1,6	0,90	8760	7841	0,12%
Centrale air neuf	28,5	15,94	8760	139673	2,05%
Salle de conférence 24 ème	0,6	0,34	8760	2940	0,04%
Bureau de poste	1,12	0,63	8760	5489	0,08%
BIPT	2	1,12	8760	9802	0,14%
Hall	1,7	0,95	8760	8331	0,12%
Zone tel. Mezzanine	1,5	0,84	8760	7351	0,11%
Armoire FI Local synoptique	3,6	2,01	8760	17643	0,26%
Armoire FI 1-2	1,3	0,73	8760	6371	0,09%
Armoire FI 3-4	3,4	1,90	8760	16663	0,24%
Armoire FI 5-6-7-8	6,3	3,52	8760	30875	0,45%
Armoire FI 9-10	6,1	3,41	8760	29895	0,44%
Armoire FI 11	4,3	2,41	8760	21073	0,31%
Armoire FI 12	4	2,24	8760	19603	0,29%
Centrale eau glacée	1,6	0,90	8760	7841	0,12%
TGBT	1,15	0,64	8760	5636	0,08%
2.2 Extracteurs					
		14,40		126147	1,85%
W C général sud n°1	0,54	0,30	8760	2646	0,04%
W C général sud n°2	2,1	1,17	8760	10292	0,15%
Bar	1,5	0,84	8760	7351	0,11%
Salle de conférence 26 ème	2,1	1,17	8760	10292	0,15%
Extracteurs Nord	1,5	0,84	8760	7351	0,11%
Parking 1er s/s	9,3	5,20	8760	45577	0,67%
Parking 2 ème s/s	8,7	4,87	8760	42637	0,63%
2.3. Ventilconvecteurs					
	1200	671,34	3832	2572586	37,81%
Total		727,36		3063254	45,02%
3-Force motrice					
Batterie haute	44,25	24,76	936	23171	0,34%
Batterie basse	59,11	33,07	936	30953	0,45%
Total		57,83		54124	0,80%
4- Eclairage					
Colonne montante N.S.	132,8	74,27	3900	289642	4,26%
1er-14ème	135,2	75,66	3900	295075	4,34%
15ème-26ème	82,48	46,14	3900	179960	2,64%
Total éclairage		196,07		764678	11,24%
5- Cuisine					
	4,72	2,64	2555	6747	0,10%
6- Suppresseurs sanitaires					
	18,9	10,57	7008	74100	1,09%

Tableau III.1 : Récapitulatif des consommations énergétiques

2. BILAN ENERGETIQUE DE POSTEL 2001

La consommation annuelle énergétique du bâtiment peut être répartie de la façon suivante

ITEMS	CONSOMMATION (kWh/an)	POURCENTAGE(%)
Refroidissement	2 536 509	37,16
Ventilation	3 063 254	44,89
Climatisation	5 599 763	82,05
Force motrice	54 124	0,79
Eclairage	764 678	11,21
Cuisine	6 747	0,10
Suppresseur	74 100	1,09
Autres	325 000	4,76
TOTAL	6 824 412	100

Tableau III.2 : Consommations de l'immeuble POSTEL 2001

2.1. Interprétation

La répartition des consommations montre la part importante de la climatisation. Celle-ci représente plus de 82% de la consommation totale. C'est donc sur ce poste de consommation que nous allons axer notre étude d'efficacité énergétique pour obtenir le maximum d'économies possible. Outre la climatisation, on remarque que l'éclairage représente une part non négligeable de la consommation totale, soit plus de 11%. Nous nous proposerons donc de donner quelques recommandations permettant d'améliorer l'efficacité énergétique de ce poste.

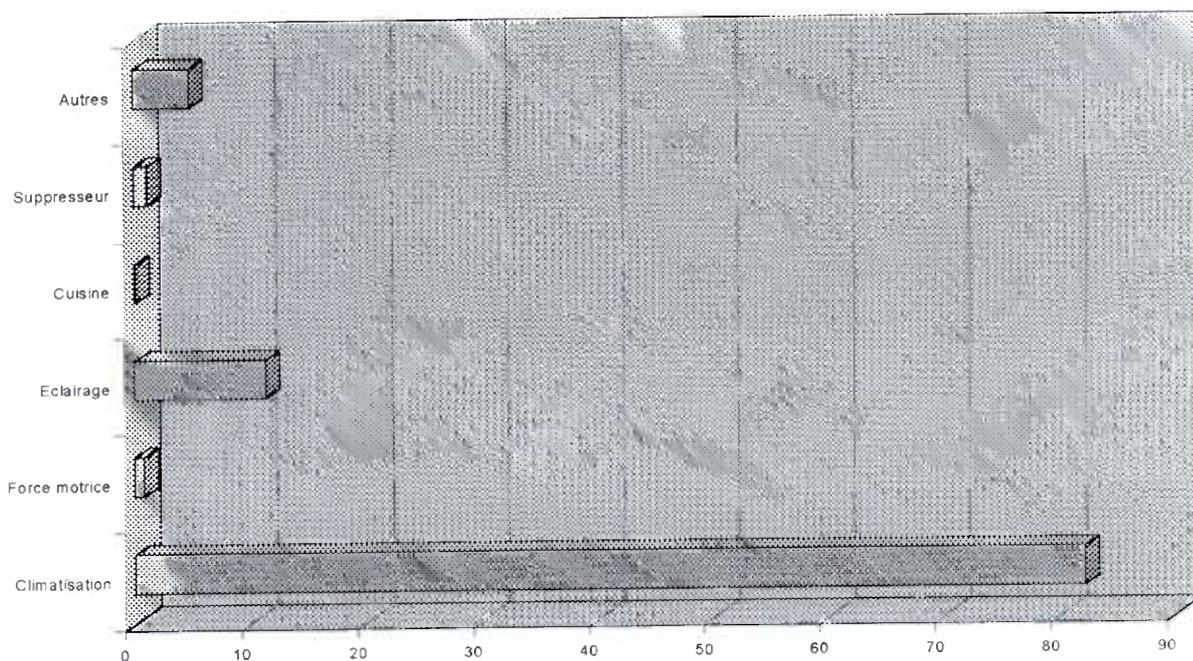


Figure III.1 : Consommation énergétique en %

3. LA CLIMATISATION

3.1. Description du système de climatisation existant

➤ description générale

C'est un système centralisé à eau glacée. L'eau est utilisée comme fluide intermédiaire entre les locaux à climatiser et l'endroit où la chaleur est rejetée.

La production d'eau glacée dans la zone tour est assurée par 3 groupes centrifuges de puissance 800000 fg/h fonctionnant alternativement pour éviter l'arrêt total de l'installation dû à une panne. Des pompes de circulation associées à la centrale permettent ensuite de véhiculer l'eau glacée dans tout le bâtiment.

Le refroidissement des condenseurs des groupes est assuré par 2 tours aérorefrigérantes ou tours de refroidissement situées sur la terrasse.

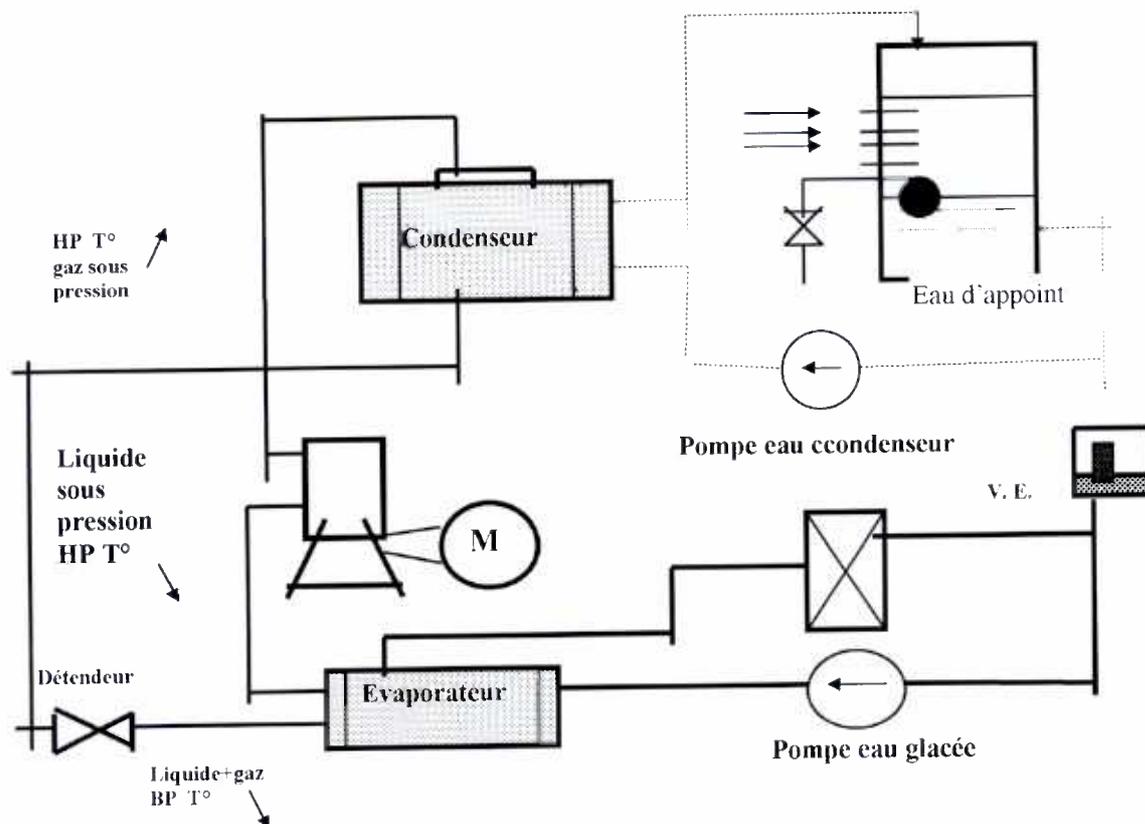


Figure III.2 : schéma synoptique du système de climatisation

➤ Principe de fonctionnement du circuit hydraulique : (eau glacée)

L'eau glacée venant de l'évaporateur est aspirée et refoulée dans les tuyauteries par des motopompes. L'eau ainsi refoulée va être utilisée de deux manières :

- soit par des caissons de traitement d'air (CTA),
- soit par des ventilo-covecteurs (VC).

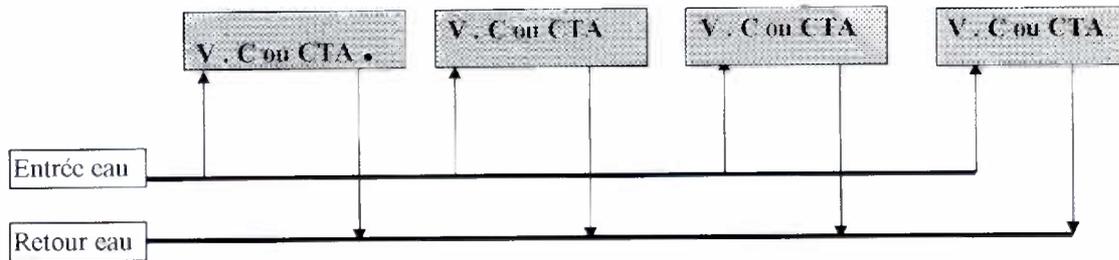


Figure III.3 : Circuit des V.C et (C.T.A.) :

3.2. Analyse de la climatisation

3.2.1. Du point de vue énergétique

Nous avons déjà souligné le fait que la consommation d'énergie du poste climatisation représente 82,05 % de la consommation totale. Une bonne analyse peut donc permettre de dégager des économies importantes.

Le diagramme ci-dessous montre bien la prépondérance de la climatisation.

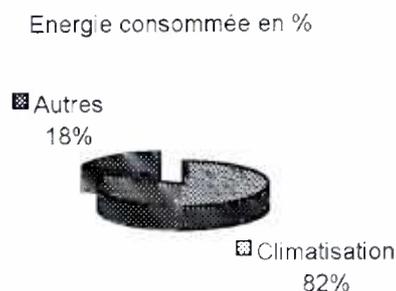


Figure III.4 : Consommation du poste climatisation en %

Les mesures d'intensité du courant électrique du groupe frigorifique à l'aide des ACR ont montré que la climatisation fonctionnait sans arrêt.

L'inconvénient majeur de ce système est que la climatisation d'un seul local oblige la mise en marche du groupe frigorifique ainsi que tous ses auxiliaires. Certains bureaux tels que ceux des ministres et directeurs généraux devant être climatisés en permanence, ceci entraîne un fonctionnement de 24h / 24h de tout le système de climatisation. A cela si on ajoute les puissances importantes des équipements de climatisation, on comprend aisément l'importance de la consommation du poste de climatisation.

3.2.2. Du point de vue du confort thermique

Les mesures de température et d'hygrométrie effectuées dans certains locaux à l'aide de ACR nous ont donné des valeurs moyennes mentionnées dans le tableau ci-dessous :

◆ locaux techniques

Locaux techniques	Température (°C)	
	Mesurée	Recommandée
Local suppresseurs sanitaires	34,5	27
Local groupe frigorifique	38,5	27
Local TGBT ¹²	31,2	27
Local pompe du 26 ^{ème} étage	30	27
Cuisine	30,2	25
Local batterie haute (ascenseur)	25	23
Local batterie basse (ascenseur)	24,5	23

Tableau III.3 : Température dans les locaux techniques de POSTEL 2001

◆ bureaux particuliers

Bureaux	Température (°C)		Hygrométrie (%)	
	Mesurée	Recommandée	Mesurée	Recommandée
Bureau ECA	24,5	25	65,2	65
Bureau du ministre au 23 ^e étage	22,0		62,1	
Bureau du secrétariat du directeur de cabinet au 23 ^e étage.	22,5		64,4	
Bureau secrétariat du ministre 23 ^e étage	22,0		65,9	
Bureau du directeur de cabinet 23 ^e étage	20,0		71,8	

Tableau III.4 : Température et hygrométrie de bureaux particuliers de POSTEL 2001

◆ étages courants

Locaux	Température (°C)		Hygrométrie (%)	
	mesurée	Recommandée	Mesurée	Recommandée
Bureaux	27	25	55	65
Circulation, halls	29	27	42	70
Toilettes	29	25	40	65

Tableau III.5 : Température et hygrométrie des paliers courants de POSTEL 2001

Dans les bureaux particuliers notamment ceux des Ministres, Directeurs de cabinet et Directeurs généraux, le confort thermique est optimal car d'une part la température est inférieure à 25°C (valeur recommandée) et d'autre part l'humidité relative est voisine de la valeur recommandée qui est de 65 %.

¹² Transformateur général basse tension

Mais en général, pour ce qui concerne les autres locaux, à savoir les bureaux standards, les locaux techniques et les circulations, une analyse des valeurs de mesure laisse penser à un niveau de confort thermique très médiocre.

3.3. Mesures d'économie d'énergie

3.3.1. Installation de système VRV¹³

3.3.1.1. Description du système VRV (voir annexes VRV)

Compte tenu de l'occupation particulière de certains locaux, notamment ceux des ministres, des directeurs de cabinet et directeurs généraux, nous préconisons la mise en place d'un système de climatisation d'appoint de type VRV. Cette solution a l'avantage de ne tenir compte, du point de vue énergétique, que des consommations ponctuelles.

La climatisation des locaux sera assurée par un système de type multi-split à détente directe avec une puissance et un débit de réfrigérant variables. Il sera installé quatre ensembles VRV composés chacun d'une unité extérieure à condensation à air qui sera relié à sept unités terminales par des liaisons en cuivre de qualité frigorifique. Le système sélectionné sera à production de froid et de chaleur simultanée avec 2 tubes uniquement. La régulation et le contrôle de l'ensemble, piloté par micro processeur, seront intégrés au système. Le système retenu est de marque MITSUBISHI ELECTRIC.

➤ Les unités extérieures

Dans un ensemble compact l'unité extérieure comprendra un seul compresseur spiro-orbital (Scroll) à vitesse variable, un ensemble de régulateur de type inverter variant de 20 Hz à 110 Hz par pas de 1 Hz. L'échangeur à air sera ventilé par un mono ventilateur à vitesse variable. La plage de fonctionnement autorisé sera de + 43 °C en mode froid à -15 °C en mode de chauffage (système Y).

Le fluide frigorigène retenu sera du type R 407 C (obligatoire à partir du 01/01/2004).

Le mélange constituant ce fluide sera contrôlé et maîtrisé en permanence par un analyseur de composition électronique de précision.

➤ Les unités intérieures

Les unités intérieures seront compatibles et optimisées pour le réfrigérant de type R 407 C. Les unités intérieures de type cassette seront placées dans le faux plafond de certains locaux des niveaux suivants :

- 23^{ième} étage (ministère des infrastructures économiques)
- 19^{ième} étage (direction générale C.E.C.P)
- 16^{ième} étage (direction générale de la poste de Côte d'Ivoire)
- 14^{ième} étage (ministère de l'énergie)
- 13^{ième} étage (direction générale de C.I.-Télécom)
- 4^{ième} étage (direction administrative et financière de l'A.T.C.I)
- 3^{ième} étage (présidence C.T-C.I)
- 2^{ième} étage (direction générale A.T.C.I)

CASSETTES ENCASTREES 4 VOIES – MODELE PLFY-P-VKM

¹³ Volume de Réfrigérant Variable

L'unité intérieure compacte encastrée sera dans un faux plafond sans besoin de trappe d'accès pour la maintenance. La façade de l'unité comprendra 4 voies de soufflage équipées de volets motorisés. L'unité sera équipée d'une pompe de relevage des condensas avec système anti-débordement d'une hauteur de refoulement de 500 mm par rapport au plafond. La ventilation sera paramétrable en fonction de la hauteur sous plafond grâce à un moteur de ventilation à vitesse variable.

Les puissances frigorifiques et calorifiques nominales seront de :

6300 fg/h

3300 fg/h

BOITIER DE REPARTITION

Pour les systèmes à production de froid, le boîtier de répartition des unités intérieures comportant (n) connections sera installé entre le groupe de condensation et les unités intérieures. Il assurera la distribution du fluide frigorigène et permettra au système de fonctionner avec 2 tubes par unité.

SYSTEME DE CONTROLE ET DE REGULATION

PROGRAMMATEUR HEBDOMADAIRE – Modèle PAC-SC32PTA

Le programmeur hebdomadaire sera raccordé sur une télécommande à cristaux liquide et assurera les fonctions suivantes. Marche arrêt programmable par pas de 30 minutes, programme journalier applicable sur une semaine.

COMMANDE CENTRALISEE – MODELE MJ-103RTRA

La commande centralisée permettra le contrôle individuel d'un maximum de 50 unités intérieures et assurera les fonctions suivantes : Marche arrêt, réglage de la température, mode de fonctionnement, programmeur hebdomadaire avec une possibilité de 3 programmes différents applicables par unité sélectionnée, vitesse et direction du flux d'air, indicateur de filtre, auto-diagnostic, affichage de la température de consigne, synthèse de défauts, verrouillage possible de certains paramètres des commandes individuelles (température de consigne, mode de fonctionnement, marche arrêt), programmation de la fonction dérive de température réglable (en chaud et en froid de 1 à 9 °C) pour économiser l'énergie, personnalisation à l'affichage de la référence de chaque local.

3.3.1.2. Les atouts du système VRV

➤ l'économie :

Il assure un rendement optimal au moindre coût : l'inverter contrôle le système en permanence et adapte la puissance de celui-ci en fonction de la charge thermique présente dans les locaux. Ce pilotage permet d'assurer efficacement la climatisation tout en maintenant au plus bas la consommation d'énergie.

En effet contrairement aux compresseurs traditionnels, le compresseur inverter conçu par Mitsubishi Electric évite les démarrages intempestifs du système et permet de réduire sensiblement les coûts de fonctionnement. L'inverter gère le rendement du système de climatisation en tenant compte des variations de charge thermique des différents locaux.

➤ la simplicité

Un bus de communication de type blindé (2 fils non polarisés) permet une connexion simple et rapide entre les unités intérieures, les télécommandes et la commande centralisée. Ce bus offre l'avantage de pouvoir raccorder les télécommandes à n'importe quel endroit du circuit. C'est la garantie d'un précieux gain de temps lors de l'implantation du système.

3.3.2. Quantification des économies d'énergie

➤ Modification des horaires de fonctionnement de la climatisation et de la ventilation actuelle

Réduire les horaires de fonctionnement des Groupes frigorifiques (GF), des extracteurs et des et VC¹⁴

□ Groupe frigorifique + Splits + VC

	Horaires actuels	Horaires réduits
Lundi	24h / 24h	5h-19h
Mardi-Vendredi	24h / 24h	6h-19h

1. Economie en heures/an

	Lundi	Mardi-Vendredi	Week-end	Heures/an
Nuit	6	7	17	2 652
Pointe	3,5	3,5	7	1 274
Jour	0,5	0,5	24	1 378
Total	10	11	48	304

2. Economie en kWh/an

	kWh/an
Nuit	976 016
Point	468 870
Jour	507 145
Total	1 952 031

3. Economie en francs/an

	Prix du kWh	Economie en kWh/an	Economie en francs CFA/an
Nuit	33,10	976 016	32 306 130
Point	54,57	468 870	25 586 236
Jour	40,02	507 145	20 295 943
Total		1 952 031	78 188 309

¹⁴ Ventil. Convecteur

□ Caissons + extracteurs

	Horaires actuels	Horaires réduits
Lundi	24h / 24h	6h30-19h
Mardi-Vendredi	24h / 24h	7h30-19h

1. Economie en heures/an

	Lundi	Mardi-Vendredi	Week-end	Heures/an
Nuit	7,5	8,5	17	3 042
Point	3,5	3,5	7	1 274
Jour	0,5	0,5	24	1 378
Total				5 696

2. Economie en kWh/an

	kWh/an
Nuit	121 041
Pointe	50 692
Jour	54 831
Total	226 564

3. Economie en francs/an

	Prix du kWh	Economie en kWh/an	Economie en francs CFA/an
Nuit	33,10	121 041	4 006 457
Point	54,57	50 692	2 766 262
Jour	40,02	54 831	2 194 337
Total		226 564	8 967 056

Les différents tableaux ci-dessus nous donne un total d'économie de 2 178 595 kWh soit un montant 87 155 365 francs CFA

➤ Investissement

Matériel (VRV) : 50 000 000 FCFA
 Maîtrise d'œuvre : 5 000 000 FCFA
 Main d'œuvre : 4 200 000 FCFA
 Soit un total de 59 200 000 FCFA.

En considérant un coefficient de marge de 1,35 on obtient un total de 80 000 000 FCFA.

- Période de recouvrement : 11 mois.

3.3.3. Mesures non quantitatives d'économie d'énergie

3.3.3.1. Entretien les installations de climatisation

- nettoyer les condenseurs à eau ;
- nettoyer les serpentins de refroidissement ;
- nettoyer les tours d'eau ;
- nettoyer les filtres.

3.3.3.2. Campagne de sensibilisation

Les campagnes de sensibilisation pourront se faire à l'aide d'étiquettes ainsi que d'affiches. Les items traités sont :

- fermer les portes,
- arrêter la climatisation à votre descente ;
- n'encombrer pas les caissons et les ventilo-covecteurs.
- énergie chère, énergie rare.

4. L'ECLAIRAGE

4.1. Description de l'éclairage

L'éclairage de Postel 2001 est à commande centralisée sur chaque palier. L'éclairage est essentiellement assuré par :

- ◆ des tubes fluorescents de puissance unitaire 36 W dans les bureaux, couloirs et hall ascenseurs ;
- ◆ des spots de puissance unitaire 75 W dans les toilettes ;
- ◆ des lampes à incandescence de puissance unitaire 60 W dans le hall ascenseur du rez de chaussée ;
- ◆ des lampes à incandescence de puissance unitaire 75 W dans les bureaux des mezzanines.

Les tableaux ci-dessous font l'état des lieux général de l'éclairage dans l'immeuble.

➤ Rez de chaussée + Mezzanine

Identification		Puissance unitaire (watt)	Nombre	Niveau d'éclairage (lux)	
Zone	Type de lampe			Mesuré	Recommandé
Hall	Incandescente	60	60	200	150
Hall ascenseur	Incandescent e	60	20	130	
Hall	Incandescente	75	12	250	
Bureaux Mezzanine	Incandescente	75	9	21	300
Bureaux Mezzanine	Fluorescente	36	1	204	300
Couloir	Fluorescente	36	3	130	150
Couloir réception	Fluorescente	36	24	130	

Tableau III.6 : Eclairage RDC et mezzanine

➤ *Etages courants*

Identification		Puissance unitaire (watt)	Nombre	Niveau d'éclairage (lux)	
Zone	Type de lampe			Mesuré	Recommandé
Bureaux	Fluorescente	36	96	200	300
Secrétariat	Fluorescente	36	10	200	
Salle d'attente	Fluorescente	36	7	150	150
Toilettes	Fluorescente	36	2	45	100
Toilettes	Spot	75	12	75	
Couloir, hall ascenseur	fluorescente	36	31	130	150

Tableau III.7 : Eclairage des étages courants de POSTEL 2001

4.2. Analyse de l'éclairage

➤ *du point de vue de la consommation énergétique :*

Le bilan d'énergie nous a montré une consommation annuelle non négligeable du poste d'éclairage de 764 678 kWh soit plus de 11% de la consommation totale. La figure ci-dessous résume la consommation annuelle du poste éclairage par rapport à la consommation globale annuelle.

Ration d'énergie consommée par l'éclairage

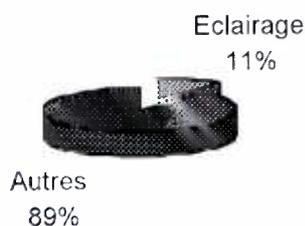


Figure III.5 : Consommation du poste éclairage (%)

Nous avons constaté que malgré la présence d'une commande centralisée (local synoptique), les différents étages restent allumés à plein temps. En outre, l'installation électrique est faite de telle sorte que l'éclairage d'un bureau implique nécessairement l'éclairage de tout l'étage (éclairage par palier). Nous préconisons donc la rénovation de l'installation électrique. Il sera installé dans chaque bureau un interrupteur qui ne commandera que les lumières de ce local.

➤ *du point de vue du confort visuel*

On note aussi que les niveaux d'éclairage dans les bureaux sont généralement inférieurs à la norme habituelle qui est de 300 lux. Une bonne analyse suivie de mesures concrètes peut donc permettre d'améliorer le confort visuel.

4.3. Mesures quantitatives d'économie d'énergie

➤ réduction des horaires de fonctionnement de l'éclairage

Lundi-Vendredi	Horaires actuels.	Horaires réduits
1 ^{er} -14 ^{ème}	7h / 22h	8h-19h
15 ^{ème} -26 ^{ème}	7h / 22h	8h-19h
Colonne montante NS	7h / 22h	8h-19h

1. Economie en heures/an

	Lundi-vendredi	Heures/an
Nuit	0,5	130
Pointe	2,5	650
Jour	1	260
Total		040

2. Economie en kWh/an

	kWh/an
Nuit	25 490
Pointe	127 446
Jour	50 978
Total	203 914

3. Economie en francs/an

	Prix kWh	Economie en kWh/an	Economie en francs/an
Nuit	33,1	25 490	843 719
Pointe	54,57	127 446	6 954 728
Jour	40,02	50 978	2 040 140
Total		203 914	9 838 587

La réduction des heures d'éclairage va donc générer une économie annuelle de 203 914 kWh soit une valeur de 10 000 000 CFA

➤ Investissement

Réhabilitation du système d'éclairage des paliers

Câble VGV 3X1,5 (300 m/Niveau)	4 173 000 FCFA
Boîtes de dérivation	4 550 000 FCFA
Interrupteurs	3 544 320 FCFA
Main d'œuvre	200 000 FCFA
Encadrement	1 080 000 FCFA
Total	13 547 320 FCFA

En considérant un coefficient de marge de 1,35 on obtient :
Investissement total 18 000 000 FCFA

➤ Période de recouvrement 22 mois

4.4. Mesures non quantitatives d'économie d'énergie

4.4.1. Campagne de sensibilisation

Dans le bâtiment en général, les occupants, les gestionnaires et les techniciens ne sont pas très sensibilisés aux problèmes d'économies d'énergie. Pour ce qui concerne l'éclairage en particulier une campagne se faisant à l'aide d'étiquettes autocollantes et d'affiches s'avère être une mesure efficace d'économie d'énergie. Certains des items traités sont :

- éteignez la lumière avant de sortir de votre bureau ;
- éteignez la lumière en sortant des toilettes ;
- tirez les rideaux pour bénéficier de l'éclairage naturel ;
- énergie rare, énergie chère.

Il arrive que les affiches de sensibilisation ne soient pas posées aux bons endroits ; cela pourrait créer l'effet contraire de celui attendu.
Certains cas isolés de refus d'application des mesures apparaissent souvent sur lesquels il faut insister.

4.4.2. Dispositions particulières

Certaines dispositions particulières peuvent améliorer le confort visuel sans générer de coûts supplémentaires du point de vue de la consommation énergétique.
Ce sont par exemples :

- disposer les tables de travail correctement en fonction de la disposition des luminaires de manière à y recueillir le maximum de flux lumineux.
- nettoyer les lampes qui ont atteint un niveau d'encastrement très élevé.

II. DESCRIPTION DES RECOMMANDATIONS GENERALES

Les recommandations générales pour l'efficacité énergétique de l'immeuble POSTEL 2001 portent sur quatre points :

- la formation
- la sensibilisation
- l'organisation
- la maintenance

1. LA FORMATION DU PERSONNEL

Un établissement comme POSTEL 2001 regroupe en son sein des installations de spécialités diverses : électricité, climatisation, plomberie, électromécanique, électronique, etc. Il est quasi impossible à une seule personne d'une spécialité donnée, d'assurer avec une compétence totale les tâches de maintenance et d'exploitation de chaque corps d'état. Le POSTEL 2001 possède déjà des techniciens en électricité, en électromécanique, en plomberie. L'importance des installations de ventilation et de climatisation requiert des compétences plus accrues des techniciens en matière de gestion et d'exploitation.

Nous pensons que pour une bonne maîtrise de la gestion et de l'exploitation des installations, la Direction devrait assurer aux techniciens une formation axée sur le fonctionnement, la maintenance et l'exploitation.

2. LA SENSIBILISATION

Un programme d'économie d'énergie dans le bâtiment est éphémère et voué à un échec certain si la Direction, les exploitants et les utilisateurs ne sont pas sensibilisés.

Nous pensons que les techniciens que nous avons rencontrés et avec lesquels nous avons travaillé sont sensibilisés et qu'il faudrait porter le message au niveau de la Direction Générale, des Chefs de départements, et les occupants pour les sensibiliser.

Pour la sensibilisation des occupants, personnel et visiteurs, on pourrait mettre à la disposition de la Direction de POSTEL 2001 des étiquettes ainsi que des affiches de sensibilisation.

3. L'ORGANISATION

L'aspect de l'organisation dans le cadre de la gestion de l'énergie revêt une importance capitale.

Un mode de gestion qui a été testé lors de projets menés dans d'autres pays et dont l'efficacité est démontrée est celui du comité de gestion ou du comité technique de suivi des économies d'énergie. Le rôle de ce comité est de mettre en application les mesures d'économie d'énergie, d'assurer le suivi de ces mesures et des recommandations énergétiques du bâtiment. Le comité de gestion se compose :

- d'un représentant de la Direction (en général le Directeur des moyens généraux) qui en assume la présidence.
- d'un représentant des services financiers : informe le comité selon la disponibilité des moyens, de la faisabilité d'une mesure.
- les représentants de toutes les spécialités : car il leur appartient de mettre en application les mesures. Ils donnent leur avis sur la faisabilité technique, les problèmes éventuels qui pourraient se poser dans la réalisation.

- un conseiller en économie d'énergie : en général c'est une personne extérieure qui est spécialiste des questions d'économies d'énergie qui évalue le potentiel, donne son avis quant à la rentabilité d'une mesure et de l'opportunité de sa mise en application.

4. LA MAINTENANCE

C'est une notion qui est parfois reléguée au second plan quand on est en période de récession économique. Aujourd'hui, de l'ensemble des installations visitées, un constat s'impose : les équipements sont dans un état vétuste. La maintenance devrait être d'une priorité absolue (surtout la maintenance préventive). Il n'est jamais de trop de souligner l'importance de la maintenance préventive qui coûte quelques francs, contre les troubles occasionnés quand l'équipement tombe en panne. Le POSTEL 2001 pourrait, en attendant un outil de planification et de gestion de son entretien, réclamer un rapport mensuel de l'entretien effectué sur chaque équipement.

PARTIE IV : ETUDES DE LA FACTURATION ELECTRIQUE
ET RECOMMANDATIONS

I. TARIFICATION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE EN COTE D'IVOIRE

En Côte d'Ivoire, les abonnés sont répartis en trois catégories :

- la catégorie basse tension (220-380V)
- la catégorie moyenne tension (15-33kV triphasé, 19kV monophasé)
- la catégorie haute tension (90-225kV).

1. TARIFICATION BASSE TENSION

Il existe au sein de cette catégorie cinq groupes de consommateurs dont les tarifs appliqués sont différents :

- domestique général : puissance souscrite supérieure à 1,1kVA ;
- domestique modéré : puissance souscrite égale à 1,1kVA
- domestique conventionnel : agent CIE ;
- professionnel : artisan, entreprise, professionnel ;
- éclairage public.

Les tarifs sont donnés dans les tableaux ci-dessous

	Domestique modéré	Domestique général et professionnel		Conventionnel	Eclairage public
		1 ^{ère} tranche	2 ^{ème} tranche		
Prime fixe forfaitaire (FCFA/bimestre)	600				
Prime fixe (FCFA/kVA souscrit/bimestre)		1200			
Redevance fixe électr. Rural (FCFA/bimestre)	100	100			
Prix du kWh (FCFA/kWh)	38,7	58,6	46,8	8,0	
Redevance électrification rurale (FCFA/kWh)	0,6	0,6	0,6		46,4
Taxe municipale dans 28 communes (FCFA/kWh)	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6
Taxe municipale à Abidjan (FCFA/kWh)	2,5	2,5	2,5	2,5	
Prix total du kWh hors commune (FCFA/kWh)	39,3	59,2	47,4	8,0	47,0
Prix total du kWh dans 28 communes (FCFA/kWh)	40,3	60,2	48,4	9,0	47,0
Prix total du kWh à Abidjan (FCFA/kWh)	41,8	61,7	49,9	10,5	47,0

Tableau IV.1 : Tarification en basse tension

2. LA TARIFICATION MOYENNE TENSION

Nous retrouvons dans cette catégorie de consommateurs, les industriels et le secteur tertiaire. Ce tarif est composé d'une prime fixe annuelle, d'un coût pour l'énergie consommée et d'une redevance pour l'électrification rurale et la télévision.

La prime fixe est calculée selon la puissance souscrite et le coût de l'énergie consommée est facturé mensuellement.

L'énergie consommée est répartie selon trois tranches horaires :

- heures pleines : 7h30 à 19h30 et de 23h à 24h
- heures de pointes : 19h30 à 23h
- heures creuses : 24h00 à 7h30mn.

A chaque tranche horaire correspond un coût du kWh.

Les abonnés sont répartis en trois groupes selon le facteur d'utilisation (F.U). Le facteur d'utilisation est la durée moyenne horaire annuelle d'utilisation de la puissance souscrite. Il est égal au rapport entre la consommation active totale et la puissance souscrite (sur une année).

$$F.U \text{ (heures)} = \text{consommation active} / \text{puissance souscrite}$$

Les tarifs appliqués pour la moyenne tension, sont consignés dans le tableau ci-dessous

Tarifs Moyenne tension	Prime fixe annuelle (FCFA/kVA souscrit)		Prix de l'énergie consommée (FCFA/kWh)		
	Redevance	CIE	Heures pleines 7h30-19h30 23h-24h	Heures de pointe 19h30-23h00	Heures creuses 0h-7h30
Tarif courte utilisation F.U < 1000 heures	1125	12955	45,98	71,15	33,1
Tarif général 1000h < F.U < 5000h	1125	17825	40,2	54,57	33,1
Tarif longue utilisation F.U > 5000h	1125	25900	37,99	48,28	33,1

Tableau IV.2 : Tarification en moyenne tension

A toutes ces charges s'ajoutent éventuellement des pénalités de deux sortes :

- mauvais facteur de puissance
- dépassement de la puissance souscrite

Il faut aussi noter que les abonnés de la moyenne tension payent des frais de location de comptage :

- moyenne tension primaire du transformateur : 19 530 FCFA/mois
- moyenne tension secondaire du transformateur : 13 160 FCFA/mois
- comptage spéciaux : 35 125 FCFA/mois.

3. LA TARIFICATION HAUTE TENSION

L'énergie produite par l'ECCI¹⁵ est transportée et distribuée sous deux catégories de lignes hautes tensions : 90 kV et 225 kV. Les unités industrielles qui achètent leur énergie électrique à ces tensions sont appelées Haute Tension.

Il existe actuellement trois clients haute tension 90kV qui sont les usines de textiles : UTEXI, COTIVO, GONFREVILLE ; et un client haute tension 225 kV qui est la SIR.

Nous n'insisterons pas sur ce tarif.

¹⁵ Energie électrique de Côte d'Ivoire

II. ETUDE DE LA FACTURATION DE POSTEL 2001 ET RECOMMANDATIONS

1. DESCRIPTION DU CONTRAT D'ABONNEMENT

Le bâtiment POSTEL 2001 a un contrat d'abonnement en moyenne tension dont les caractéristiques sont les suivantes :

Contrat MT

Référence : 042 1 081 T
Identifiant : 042 045 02L
Nom : ATCI
Puissance transformateur : 1000 x 4 kVA
Type de comptage : HTAP
Tarif : général
Puissance souscrite : 1500 kW

2. PROFIL DE LA CONSOMMATION-ANALYSE ET RECOMMANDATIONS

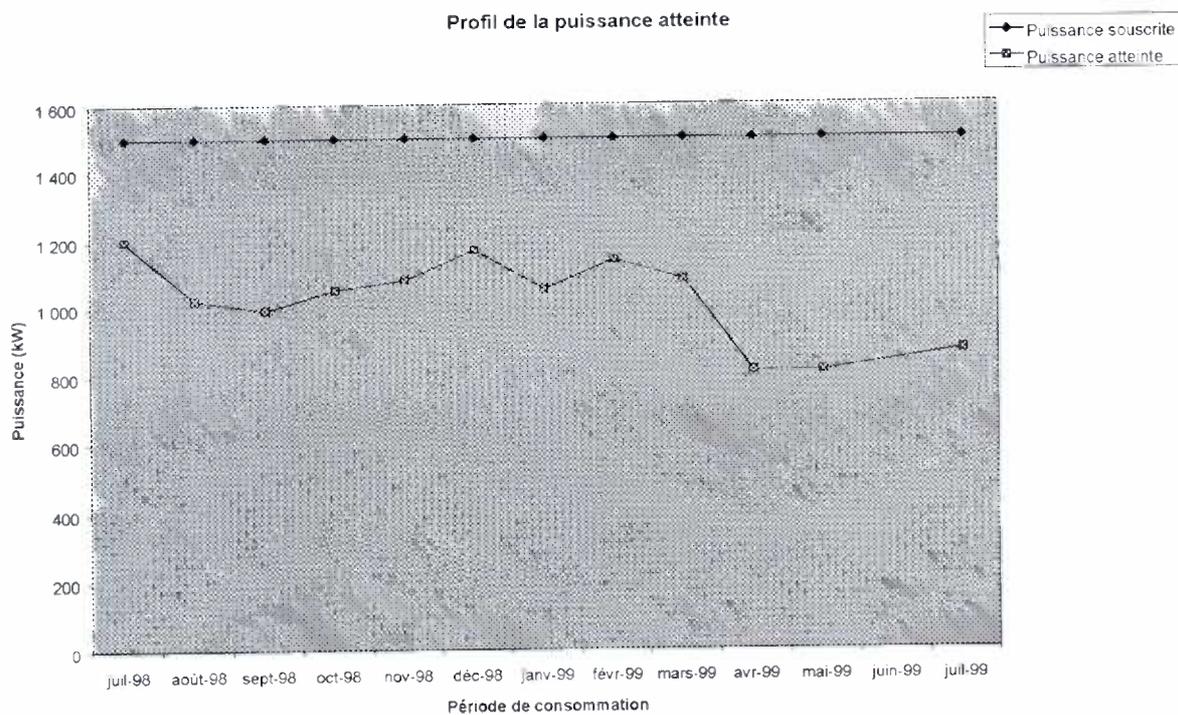


Figure IV.1 : Profil de puissances atteintes

L'échantillon choisi est représentatif de 12 mois allant de juillet 1998 à juillet 1999 sans la facture du mois de juin 1999. La puissance souscrite étant de 1500 kW, la première observation qu'on peut faire est que pour les douze mois, la puissance atteinte reste inférieure à la puissance souscrite. Avec une puissance de souscription de 1080 kW, on aurait 3 dépassements dans l'année, c'est à dire le nombre de dépassements normalement autorisés.

La consommation d'énergie active annuelle est de 6 512 100 kWh, en souscrivant à une nouvelle puissance de 1080 kW on aurait donc un facteur d'utilisation de 6029 h, donc F.U supérieure à 5000 h.

Il est donc recommandé de souscrire au tarif longue utilisation.

D'autre part, les mois de juillet 99 et avril 99 laissent entrevoir des pénalités dues au mauvais tg(phi), il est donc conseiller d'installer des batteries de condensateurs. La figure ci-dessous résume la consommation annuelle en FCFA.

Consommation en CFA									Montant calculé
MOIS	Nuit	Pointe	Jour	Total	Prime fixe	Pénalité de dépassement	Pénalité tangente	Location Matériel	(FCFA)
jul-98	5 709 750	4 731 219	14 935 464	25 376 433	2 914 065	0	0	24 435	28 314 933
août-98	4 518 150	3 781 701	11 897 946	20 197 797	2 914 065	0	0	24 435	23 136 297
sept-98	5 719 680	4 649 364	14 611 302	24 980 346	2 914 065	0	0	24 435	27 918 846
oct-98	5 928 210	4 813 074	14 959 476	25 700 760	2 914 065	0	0	24 435	28 639 260
nov-98	4 686 960	3 945 411	12 366 180	20 998 551	2 914 065	0	0	24 435	23 937 051
déc-98	7 060 230	5 713 479	17 324 658	30 098 367	2 914 065	0	0	24 435	33 036 867
janv-99	4 458 570	3 568 878	11 129 562	19 157 010	2 914 065	0	0	24 435	22 095 510
févr-99	5 362 200	4 240 089	13 914 954	23 517 243	2 914 065	0	0	24 435	26 455 743
mars-99	4 269 900	3 601 620	11 045 520	18 917 040	2 914 065	0	0	24 435	21 855 540
avr-99	4 468 500	3 765 330	12 366 180	20 600 010	2 914 065	0	2 351 405	24 435	25 669 915
mai-99	3 376 200	3 110 490	9 244 620	15 731 310	2 914 065	0	0	24 435	18 669 810
jul-99	3 376 200	2 946 780	9 724 860	16 047 840	2 914 065	0	1 896 190	24 435	20 682 530
TOTAL	58 934 550	48 867 435	153 520 722	261 322 707	34 968 780	0	4 247 595	293 220	300 832 302

Tableau IV.3 : consommation annuelle d'électricité en FCFA

3. OPTIMISATION DE LA FACTURATION ELECTRIQUE :

(voir annexe facturation)

Pour le dimensionnement des batteries de condensateurs, on l'utilise l'abaque (figure2) de l'annexe facturation.

Pour ramener la tangente phi de 0,79 (tgΦ de juillet 99) à 0,75 (tgΦ désirée), la puissance supplémentaire des batteries de condensateurs à installer est de 125 kVAr

➤ Situation après condensateur

Montant consommations	261 322 707	FCFA
Prime fixe	34 968 780	FCFA
Pénalité de dépassement	0	FCFA
Pénalité tangente	0	FCFA
Location matériel	293 220	FCFA
Montant facture	296 584 707	FCFA
Economie	4 247 595	FCFA

➤ Situation après optimisation

Le tableau ci-dessous, résume la consommation annuelle électricité, sur la base du tarif longue utilisation.

MOIS	Consommation en CFA			Montant consommation FCFA	Prime fixe	Pénalité tangente	Location Matériel	Montant total (FCFA)
	Nuit	Pointe	Jour					
jul-98	5 709 750	4 247 433	14 177 868	24 135 051	3 172 445	0	24 435	27 331 931
août-98	4 518 150	3 385 007	11 294 427	19 207 584	3 172 445	0	24 435	22 404 464
sept-98	5 719 680	4 173 948	13 870 149	23 763 777	3 172 445	0	24 435	26 960 657
oct-98	5 928 210	4 320 918	14 200 662	24 449 790	3 172 445	0	24 435	27 646 670
nov-98	4 686 960	3 541 977	11 738 910	19 967 847	3 172 445	0	24 435	23 164 727
déc-98	7 060 230	5 129 253	16 445 871	28 635 354	3 172 445	0	24 435	31 832 234
janv-99	4 458 570	3 203 946	10 565 019	18 227 535	3 172 445	0	24 435	21 424 415
févr-99	5 352 200	3 806 523	13 209 123	22 377 846	3 172 445	0	24 435	25 574 726
mars-99	4 269 900	3 233 340	10 485 240	17 988 480	3 172 445	0	24 435	21 185 360
avr-99	4 468 500	3 380 310	11 738 910	19 587 720	3 172 445	0	24 435	22 784 600
mai-99	3 376 200	2 792 430	8 775 690	14 944 320	3 172 445	0	24 435	18 141 200
jul-99	3 376 200	2 645 460	9 231 570	15 253 230	3 172 445	0	24 435	18 450 110
TOTAL	58 934 580	43 870 545	145 733 430	248 538 534	38 069 340	0	293 220	286 901 094

Tableau IV.4 : Consommation annuelle d'électricité en FCFA après optimisation

Montant consommations	248 538 534	FCFA
Prime fixe	38 069 340	FCFA
Pénalité de dépassement	0	FCFA
Pénalité tangente	0	FCFA
Location matériel	293 220	FCFA
Montant facture	286 901 094	FCFA
Economie	9 683 613	FCFA

4. ANALYSE FINANCIERE

4.1. Modification du contrat CIE¹⁶

Ajustement de la puissance souscrite à 1080 kW
Changement de la tarification

➤ Economies **9 683 613 FCFA**

4.2. Amélioration du facteur de puissance

➤ Economies **4 247 595 FCFA**

➤ Investissement **8 000 000 FCFA**
Batteries de condensateurs (300 000 FCFA/5kVAr) **7 500 000 FCFA**
Maîtrise d'œuvre **500 000 FCFA**

➤ Période de recouvrement **23 mois**

¹⁶ Compagnie ivoirienne d'électricité

PARTIE V : ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET
RECOMMANDATIONS

I. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL (E.I.E)

1. GENERALITES :

L'exploitation des grands bâtiments en Côte d'Ivoire représente environ 30% de la consommation totale d'électricité. La production de celle-ci utilise en général le fuel comme combustible, s'effectue en grande partie dans les centrales thermiques et s'accompagne d'émission de Gaz à effet de Serre (GES).

En outre les fuites de fluides frigorigènes dues à la mauvaise étanchéité des installations frigorifiques provoquent l'accroissement des CFC d'atmosphère.

1.1. Les gaz à effet de serre et le réchauffement de la terre

La croissance de la consommation d'énergie en particulier dans le bâtiment a de graves répercussions sur l'environnement. Les plus importantes sont les inondations de terres et de forêts lors de la construction de barrages hydroélectriques, le rejet de particules de suie, de dioxyde de carbone et de dioxyde de soufre par les centrales thermiques. L'augmentation de la concentration de ces gaz paraît insignifiante. Cependant la température de l'atmosphère dépend beaucoup du dioxyde de carbone et d'autres gaz encore plus rares, car même en faible quantité, ils absorbent les rayonnements infrarouges ; ils agissent comme le vitrage d'une serre, qui laisse entrer les rayonnements solaires, mais bloquent les rayonnements infrarouges réémis : la serre (la terre) s'échauffe parce que l'énergie est ainsi piégée. Même si les pays industrialisés stabilisaient leurs émissions de gaz à effet de serre, les pays en développement continueraient de dégrader l'atmosphère terrestre.

Le réchauffement de la planète s'accéléra rapidement si le gaz carbonique, le méthane et certains autres gaz continuent de s'accumuler dans l'atmosphère.

Le réchauffement est déjà rapide et il risque de s'accélérer si l'on n'adopte pas de mesures immédiates. Le monde entier doit lutter contre le réchauffement du globe, et cette collaboration sera naturellement difficile à obtenir. Il faudrait réduire de moitié la consommation de carburants fossiles et lancer des programmes de maîtrise et d'économie d'énergie.

Nous n'avons pas le choix : un réchauffement rapide et continu serait fatal à l'agriculture, détruirait nos forêts, réduirait nos réserves d'eau et provoquerait l'inondation des zones côtières. Ces prévisions sont-elles fiables ? Le réchauffement observé est-il provoqué par des modifications de la composition de l'atmosphère ? Des controverses subsistent, mais les climatologues admettent tous que l'accumulation de gaz piégeant la chaleur du soleil sera la principale cause du réchauffement atmosphérique dans les prochains siècles.

En effet depuis la deuxième moitié du XIXe siècle, la quantité de dioxyde de carbone a augmenté d'environ 25 pour cent parce que les combustions dans les centrales thermiques ont libéré dans l'atmosphère plus de dioxyde de carbone.

1.2. Les CFC¹⁷

Pour ce qui concerne le bâtiment en général et en particulier les grands immeubles, en plus de la quantité importante de dioxyde de carbone accompagnant la production d'électricité dans les centrales thermiques, il est important de souligner l'augmentation de la concentration des chlorofluorocarbures (CFC) dans l'atmosphère due aux installations de climatisation.

¹⁷ Chlorofluorocarbures

La formation du trou d'ozone dans l'atmosphère serait due à des molécules chlorées. Cette théorie rallie la majorité de spécialistes de l'atmosphère. Elle stipule que le chlore de l'atmosphère provient essentiellement des chlorofluorocarbures, des composés chimiquement inertes (ils subsistent entre 50 et 100 ans dans l'atmosphère), qui servent à la fois de fluides réfrigérants dans les systèmes de climatisation et les réfrigérateurs. En quelques années seulement, les CFC émis en un point du globe sont dispersés par les vents dans toute la stratosphère, à une altitude d'environ 30 kilomètres ou plus, où ils sont détruits par les rayonnements ultraviolets du soleil.

La destruction des molécules de CFC libère du chlore, dont une partie réagit avec l'ozone O_3 pour former du monoxyde de chlore (ClO). Le chlore et le monoxyde de chlore, très réactifs se combinent à d'autres molécules pour donner des composés stables nommés « réservoirs de chlore » : en réagissant avec des gaz atmosphériques comme le méthane CH_4 , le chlore libre forme du chlorure d'hydrogène (HCl), et en se combinant avec le dioxyde d'azote (NO_2), le monoxyde de chlore forme du nitrate de chlore de formule chimique (ClONO₂). Ces réservoirs de chlore vont par la suite libérer des atomes de chlore qui réagissent avec l'ozone pour former du ClO et l'oxygène moléculaire (O_2). Le ClO forme des dimères qui sont rapidement dissociés par les rayons solaires en Cl et en O_2 . Les atomes de chlore attaquent à nouveau l'ozone.

2. CALCUL DES VOLUMES DE GAZ

➤ données de base

Les centrales thermiques en Côte d'Ivoire utilisent en général le fuel comme combustible dans les chaudières. Ce combustible est essentiellement composé de carbone, de soufre, d'hydrogène, et en très faible quantité d'oxygène et d'azote.

Combustible	C %	S %	H %	O%	N %	PCI ¹⁸ (kWh/kg)
Fuel	85	2	11,5	0,7	0,8	11,3

Tableau V.1 : Composition et pouvoir calorifique du fuel

➤ calcul d'économie de combustibles

Connaissant les économies d'énergie annuelles réalisées, on détermine aisément l'économie annuelle équivalente de combustible en kg.

Poste de consommation	Economie d'énergie (MWh/an)	Economie de combustible (kg/an)
Eclairage	203,9	18,0
Climatisation	2 178,6	192,8
TOTAL	2 382,5	210,8

Tableau V.2 : Economie de combustible en kg/an

➤ composition massique de combustibles économisés

¹⁸ pouvoir calorifique inférieur

Connaissant également la proportions de chaque composant du combustible, on obtient le résultat suivant :

Poste de Consommation	Economie de combustible (kg/an)	Carbone (kg/an)	Hydrogène (kg/an)	Soufre (kg/an)
Eclairage	18,0	15,3	2,1	0,6
Climatisation	192,8	163,9	22,2	3,9
TOTAL	210,8	179,2	24,3	4,5

Tableau V.3 : Composition massique de combustibles économisés

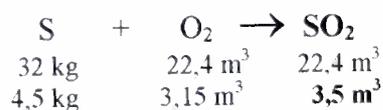
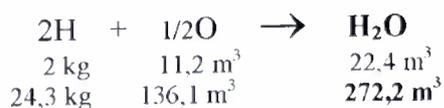
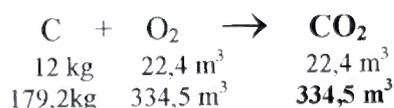
➤ *calcul des volumes de gaz*

Ecrivons les équations complètes de la combustion du fuel :



Les équations ci-dessus montrent que pour produire une mole de dioxyde carbone, une mole de vapeur d'eau et une mole de dioxyde de soufre, il faut brûler respectivement 12 g ($12 \cdot 10^{-3}$ kg) de carbone, 2 g ($2 \cdot 10^{-3}$ kg) d'hydrogène et 32 g ($32 \cdot 10^{-3}$ kg) de soufre.

D'autre part dans les conditions normale de température et de pression, une mole de gaz occupe un volume de 22,4 litres (soit $22,4 \cdot 10^{-3} m^3$), on détermine alors aisément les volumes de CO_2 , de H_2O et de SO_2 due à la combustion du fuel.



Les volumes de CO_2 , de H_2O et SO_2 sont respectivement de $334,5 m^3$, $272,2 m^3$ et $3,5 m^3$.

3. INTERPRETATION

Les mesures d'économie d'énergie ont montré qu'au niveau de l'immeuble POSTEL 2001, on pouvait économiser 2383,5 MWh par an.
 Du point de vue environnemental, cette économie d'énergie permettra d'autre part de réduire le volume des gaz à effet qui accompagne la combustion du fuel dans les centrales thermique.
 La figure ci-dessous montre la proportion des différents gaz :

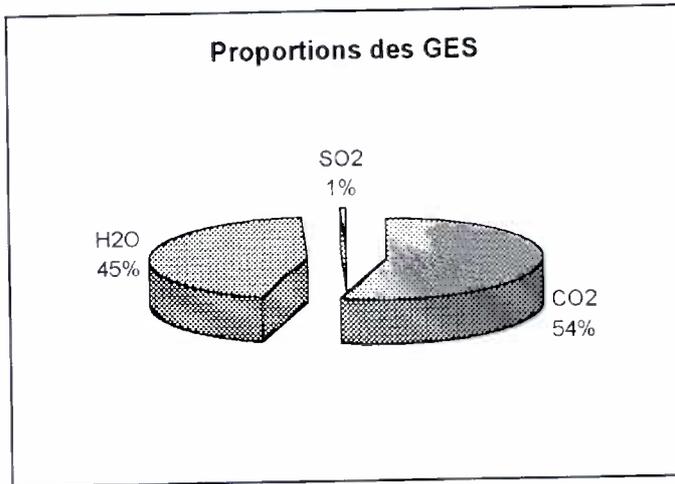


Figure V.1 : Proportion des gaz à effet de serre économisés

Le dioxyde de carbone est de loin le plus important et il est le plus responsable de l'effet de serre, le dioxyde de soufre qui en très faible quantité participe moins à l'effet de serre, mais se combinant à la vapeur d'eau, il provoque des pluies acides et la corrosion.

4. Conclusion

L'utilisation de l'énergie fossile dans les centrales thermiques est l'une des principales causes des modifications atmosphériques. Le schéma ci-dessous montre bien la synergie entre l'énergie et l'environnement.

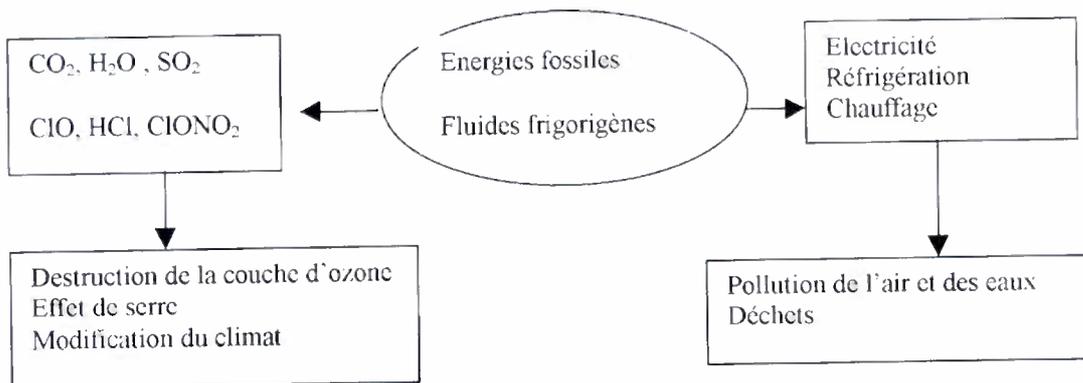


Figure V.2 : synergie entre l'énergie et l'environnement

Un problème comme celui de l'environnement est d'une acuité mondiale. Il ne peut donc se résoudre à l'échelle d'un pays.

Nous allons donc donner des recommandations d'ordre général dont les applications pourraient résoudre de façon globale les problèmes environnementaux

II. RECOMMANDATIONS GENERALES

1. LA RECONSIDERATION DE L'UTILISATION DE L'ENERGIE

Tant que nous continuerons d'évaluer les performances des équipements énergétiques ou le confort thermiques dans le bâtiment à partir de la consommation d'énergie, nous ne parviendrons pas à réduire le volume des gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Nous devons donc reconsidérer l'utilisation de l'énergie. Car elle va de paire avec la protection de l'environnement. Elle n'est pas une fin en soi ni un bien, mais un moyen de fournir des services. En effet se sont ces services, et non l'énergie, qui satisfont directement les hommes. Des équipements plus efficaces peuvent économiser de l'énergie en offrant soit les mêmes services pour une moindre consommation d'énergie, soit davantage de services pour la même quantité d'énergie. Les économies d'énergie ne doivent pas s'effectuer aux dépens des services ; au contraire, ces derniers doivent augmenter à consommation d'énergie égale, voire réduite.

2. L'EDUCATION DES USAGERS

La révolution énergétique aujourd'hui indispensable n'aura lieu que si les individus (usagers et techniciens) s'en préoccupent, à commencer par les consommateurs individuels. Deux types de consommateurs n'utilisent pas efficacement l'énergie dans le bâtiment : les ignorants et les indifférents.

Les premiers sont ceux qui ne savent pas. La seconde catégorie est celle des consommateurs peu enclins à accroître leur rendement énergétique parce que l'énergie coûte peu ou que ces dépenses diminueraient peu par une amélioration du rendement énergétique.

Seule une intervention institutionnelle incitera ces consommateurs à améliorer leur rendement énergétique, en plus de l'orchestration de campagnes d'informations et de sensibilisation.

3. L'ELABORATION D'UNE DEMARCHE COMMERCIALE

Les investissements consacrés à l'amélioration du rendement énergétique et aux économies d'énergie doivent bénéficier de traitement de faveur grâce à des emprunts garantis par les Etats, des emprunts publics et des investissements directs des gouvernements, les sommes investies pourront être remboursées sur de longues durées et à des taux d'intérêt bien inférieurs à ceux pratiqués dans les milieux financiers.

4. L'IMPLICATION DES POLITIQUES

On améliorerait davantage l'utilisation de l'énergie en adoptant des réglementations qui favorisent la diffusion des nouvelles techniques et la protection de l'atmosphère. Appliquer des lois qui imposent des systèmes de protection de l'environnement sur toutes les nouvelles constructions : cette mesure est nécessaire car les promoteurs diminuent souvent les coûts de fabrication au détriment de l'exploitation énergétique.

D'autre part une taxe sur le carbone rejeté pourrait amener les gestionnaires de bâtiments à revoir leurs consommations énergétiques.

Les pouvoirs publics doivent également subventionner le remplacement des équipements anciens par des systèmes plus économes.

5. LES RECHERCHES SCIENTIFIQUES

Des investissements financiers et techniques peuvent réduire la consommation d'énergie, mais les changements n'aboutiront qu'à force de progrès scientifiques et techniques, de volonté politique, de claire voyance économique et de temps.

La recherche scientifique et technique, publique ou privée, doit être poursuivie ; on doit étudier l'exploitation des énergies nouvelles et renouvelables comme l'énergie solaire ; qui serviront d'appoint aux énergies traditionnelles avant de les remplacer si possible. Simultanément les recherches scientifiques plus poussées pourraient étudier avec plus de précision les impacts environnementaux des gaz à effet de serre et y apporter d'autres solutions. D'autre part sur les relations entre l'énergie et le confort, on devra intensifier les recherches afin de préciser les coûts et les avantages des divers types d'énergie et de leurs utilisations. Ces études n'aboutiront pas dans l'immédiat car de nombreuses questions importantes ne pourront être étudiées que lorsque les incertitudes sur les données de base auront été éliminées.

6. LA COOPERATION INTERNATIONALE

Les efforts individuels ne porteront leurs fruits que si tous les pays participent aux recherches. Une telle collaboration allégerait la pression financière mondiale en tirant parti des compétences de chacun et en répartissant les coûts des projets les plus lourds. Cette coopération devra bénéficier à tous, de sorte que les collaborations Nord-Sud soient indispensables, notamment pour que les pays en développement se dotent de systèmes adaptés à leurs besoins. L'étude collective des conséquences environnementales est également importante car les problèmes les plus graves sont ceux qui ne connaissent pas de frontière.

En somme, tant que les pays riches n'aideront pas ceux qui le sont moins à améliorer leur économie tout en protégeant l'environnement, les appels aux économies d'énergie et à la protection de l'environnement resteront sans écho.

7. L'UTILISATION DE NOUVELLES ENERGIES PROMETTEUSES

La consommation des combustibles fossiles a tant d'inconvénients écologiques, géopolitiques et économiques qu'on doit rechercher rapidement de nouvelles sources d'énergie telles que l'énergie solaire, éolienne, géothermique et la biomasse.

CONCLUSION GENERALE

Les études menées dans le cadre de ce mémoire ont mis en exergue des recommandations applicables pour l'amélioration du rendement énergétique de l'immeuble POSTEL 2001 sis à Abidjan en Côte d'Ivoire. Les résultats de notre étude ont montré qu'on peut économiser annuellement environ

2 382 509 kWh soit un 111 000 000 FCFA. Nous ne pouvons nullement prétendre avoir déterminé de façon exhaustive la liste de toutes les mesures qui pourraient améliorer la consommation énergétique. Il appartiendra à la direction de POSTEL 2001 et au personnel de mettre en application les recommandations que nous avons suggérées, d'en déceler d'autres pour obtenir des résultats qui nous n'en doutons point les satisferons.

Toutefois, comme précédemment souligner, pour atteindre les objectifs fixés dans ce rapport, il est important voire même indispensable de mettre sur pied un comité de gestion de l'énergie dans le bâtiment. Le rôle de ce comité sera de suivre l'implantation des mesures et l'évaluation des économies obtenues.

Par ailleurs, au souci d'économiser l'énergie source de production, s'est griffé celui de préserver l'environnement, source de vie. En effet, l'application des recommandations pour l'efficacité énergétique d'un bâtiment est un pas vers la réduction des gaz à effet de serre.

En définitive, les recommandations applicables à l'immeuble POSTEL 2001, loin d'être une panacée à dimension universelle, conviendraient sans nul doute à des cas similaires dans un contexte identique.

L'application de ces recommandations à la trentaine d'immeubles de la ville d'Abidjan, montrerait très certainement le potentiel d'économie d'énergie possible pour un pays en développement comme la Côte d'Ivoire où le coût prohibitif de l'électricité fait obstacle à l'esprit d'entreprise.

BIBLIOGRAPHIE

- ⇒ [01] Rapport du séminaire sur l'efficacité énergétique ; IEPF (Libreville décembre 99)
- ⇒ [02] Mémotech énergétique ; P. Dal Zotto, A. Merlet et L. Picau (1996)
- ⇒ [03] Énergétique du bâtiment I ; Claude-Alain ROULET (1987)
- ⇒ [04] Énergétique du bâtiment II ; Claude-Alain ROULET (1987)
- ⇒ [05] Rapport du séminaire sur l'efficacité énergétique ; IEPF (Douala 1997)
- ⇒ [06] Cours d'éclairage ; Chalifour, Marcotte et Associés-IEPF
- ⇒ [07] Rapport de diagnostic énergétique de POSTEL 2001 ; Experts Conseils Associés (juillet 98)
- ⇒ [08] Pour la science N° 140 (revue) ; (juin 89)
- ⇒ [09] Étude de réduction des gaz à effet de serre à travers l'efficacité énergétique des bâtiments publics : cas de l'immeuble du ministère de l'environnement et de l'eau du Burkina Faso ; Soulemane Gaffar (Mémoire de fin d'étude juin 98).

ANNEXES

Annexe 1 : MESURES D'INTENSITES PAR LES ACR

- ⇒ Groupes frigorifiques
- ⇒ Eclairage
- ⇒ Ascenseurs batterie haute
- ⇒ Ascenseurs batterie basse
- ⇒ Suppresseurs sanitaires
- ⇒ Cuisine.

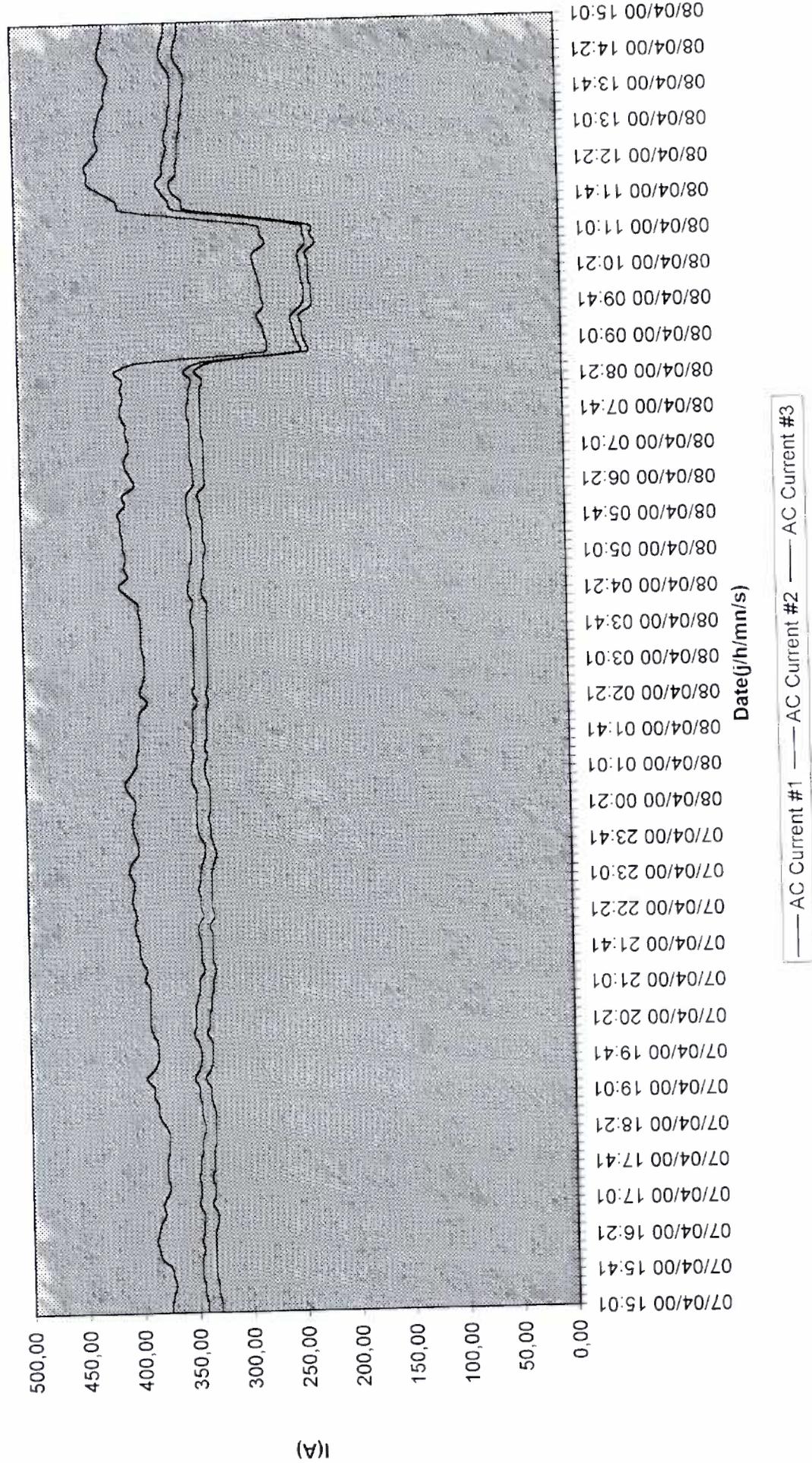
Annexe2 : SYSTEME VRV

- ⇒ Schéma des raccordements frigorifiques dans la trémie
- ⇒ Schéma de télécommande du système VRV
- ⇒ Caractéristiques techniques des appareils du système VRV

Annexe 3 : ETUDE DE LA FACTURATION ELECTRIQUE

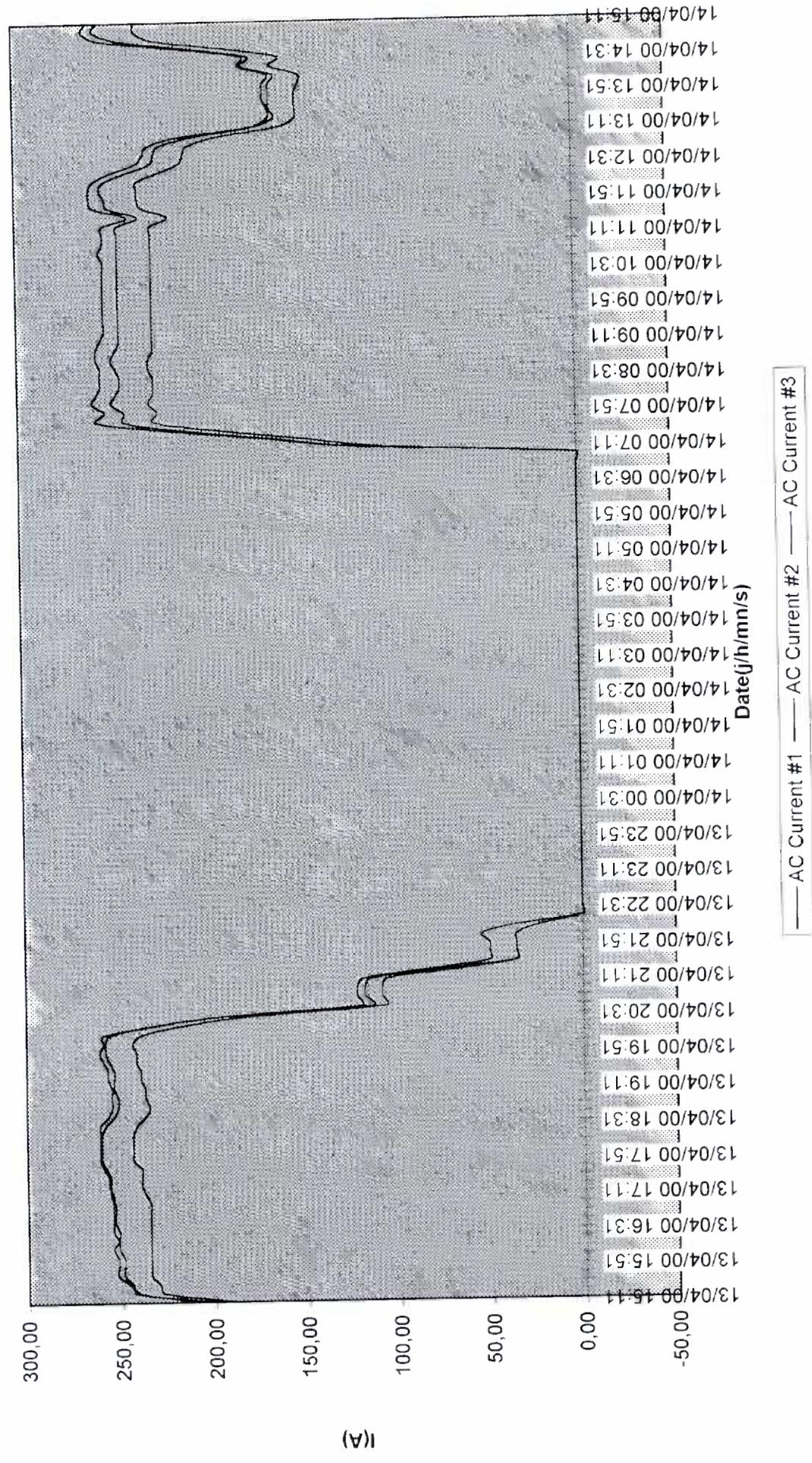
- ⇒ Situation actuelle de la facturation
- ⇒ Répartition de la facturation
- ⇒ Evolution de la facturation
- ⇒ Consommation comparative avant et après optimisation (FCFA)
- ⇒ Abaque de dimensionnement des batteries de condensateurs

INTENSITE DU GF



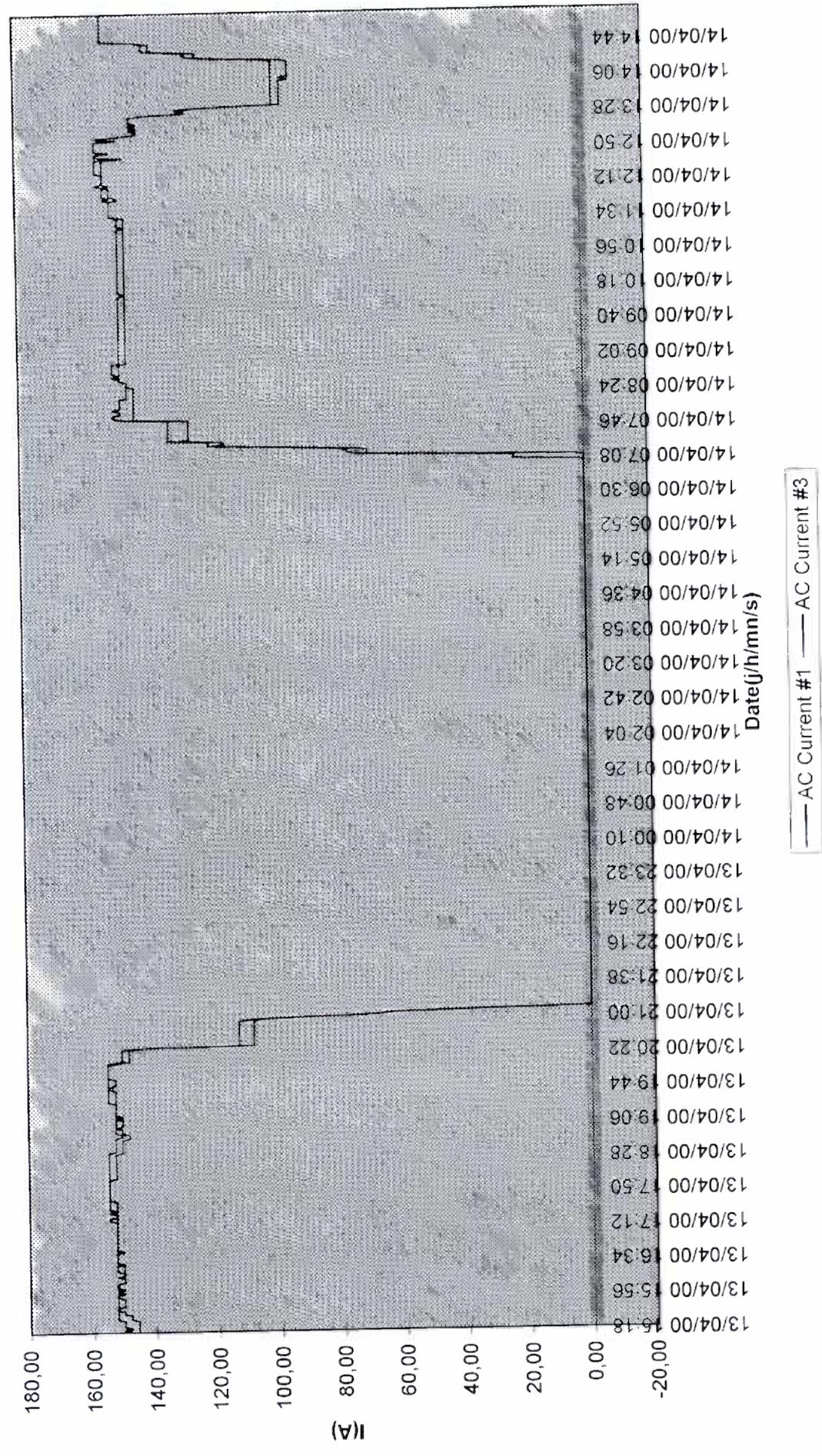
Annexe 1: Mésures des intensités du courant électrique

INTENSITE DE L'ECLAIRAGE DU 1er AU 14e ETAGE



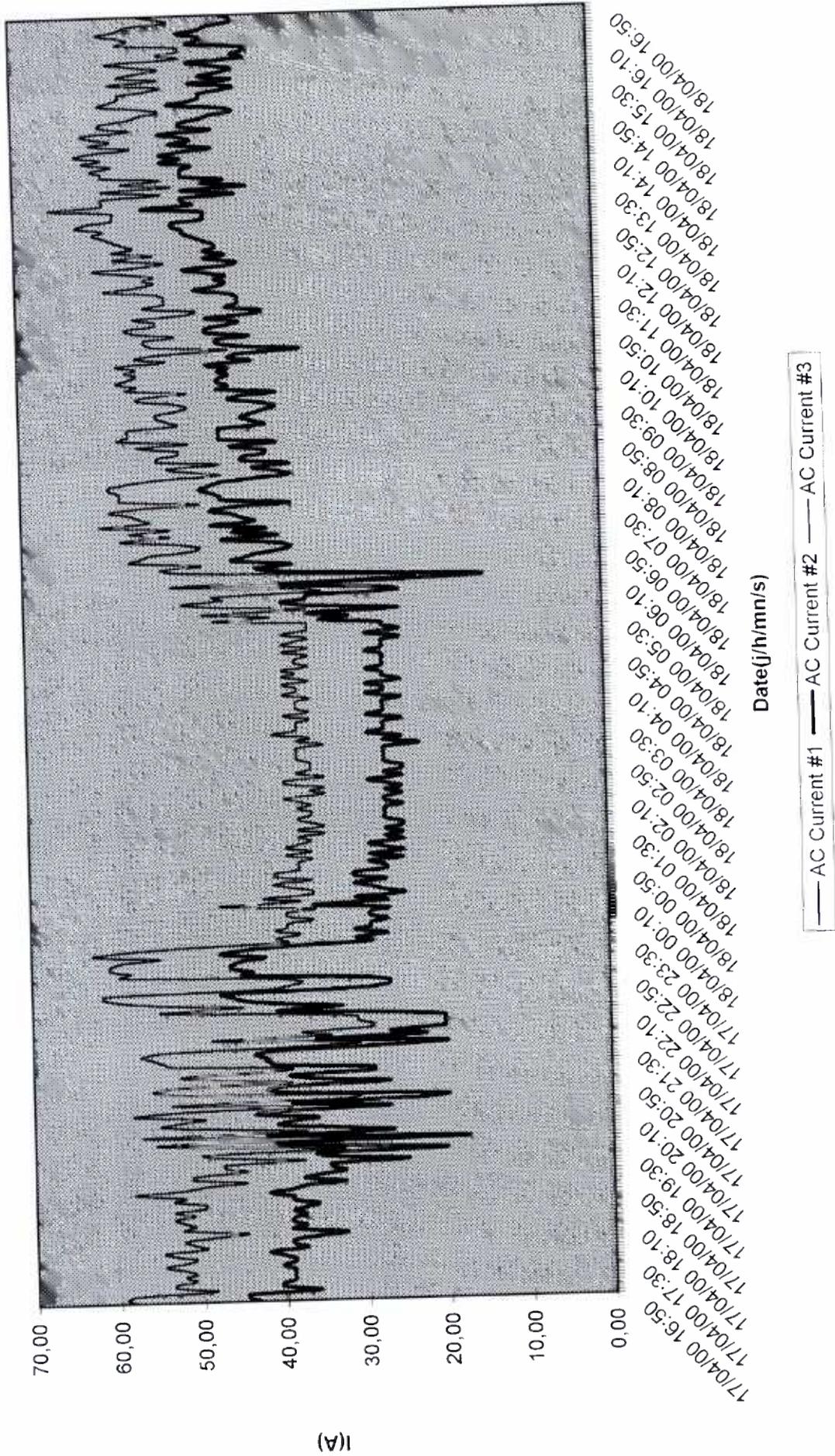
Annexe 1: Mésures des intensités du courant électrique

ECLAIRAGE DU 15e AU 27



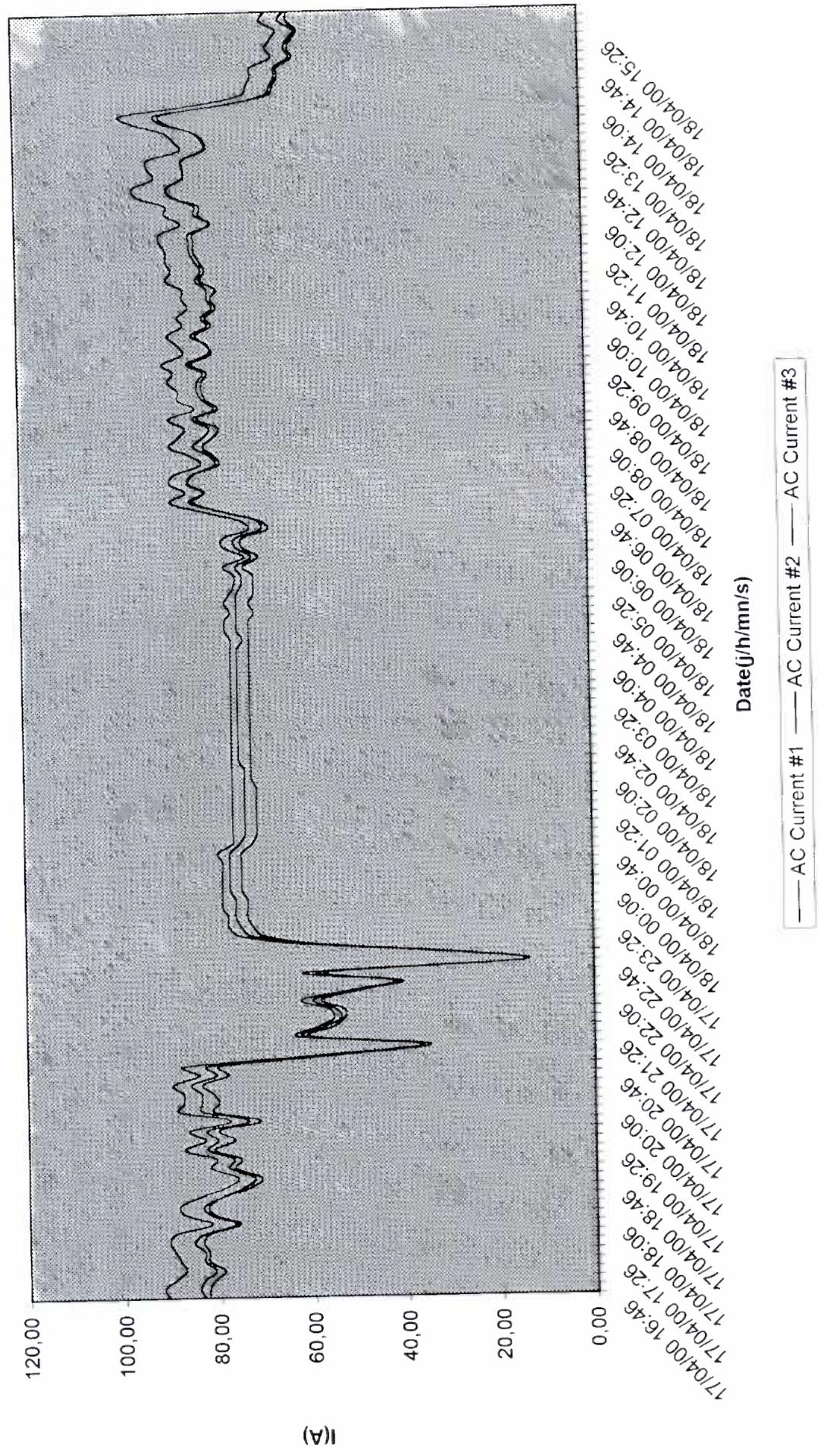
Annexe 1: Mesures des intensités du courant électrique

INTENSITE/ ASCENSEUR BATTERIE HAUTE



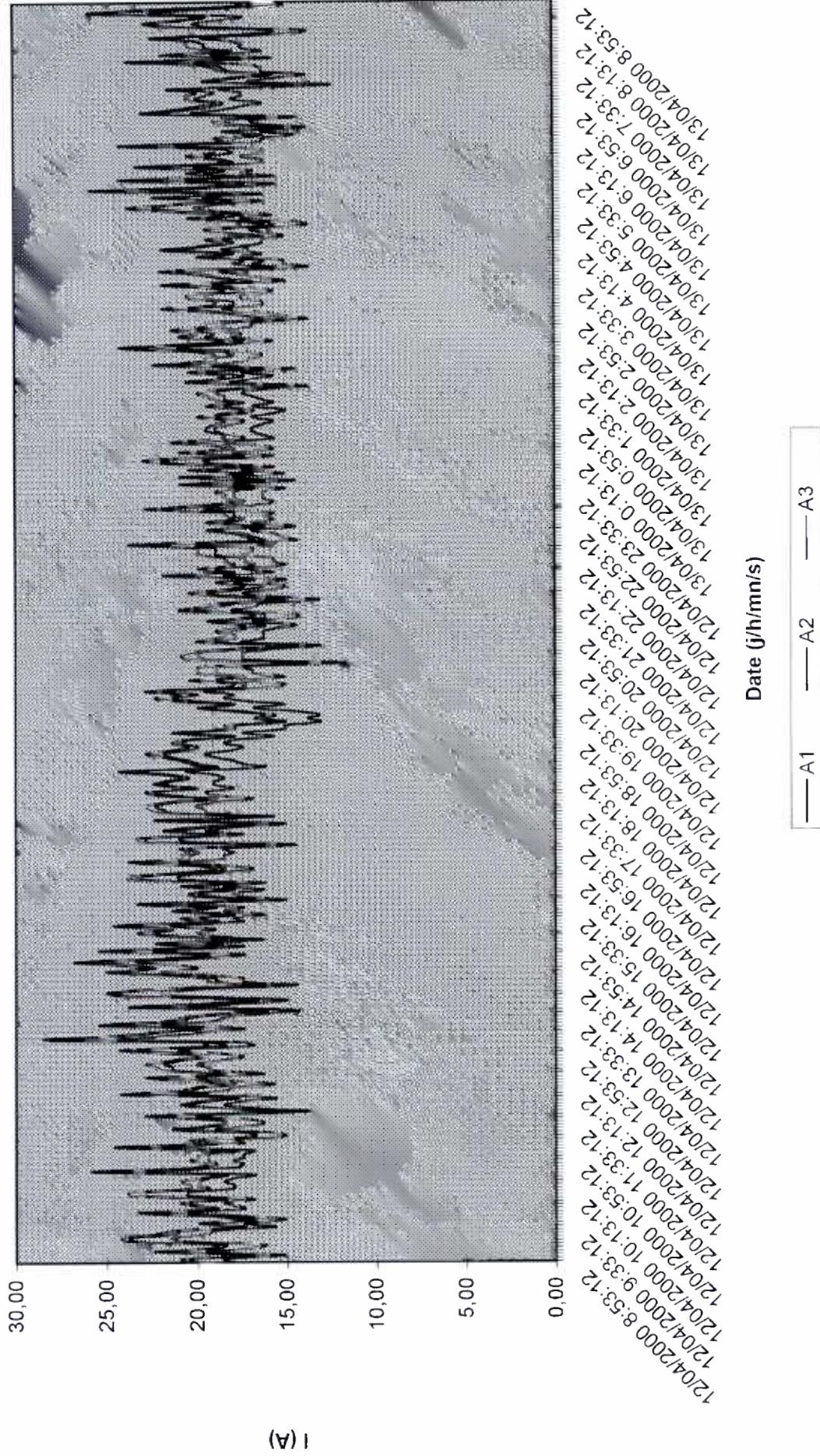
Annexe 1: Mesures des intensités du courant électrique

INTENSITEASCENSEUR BATTERIE BASSE



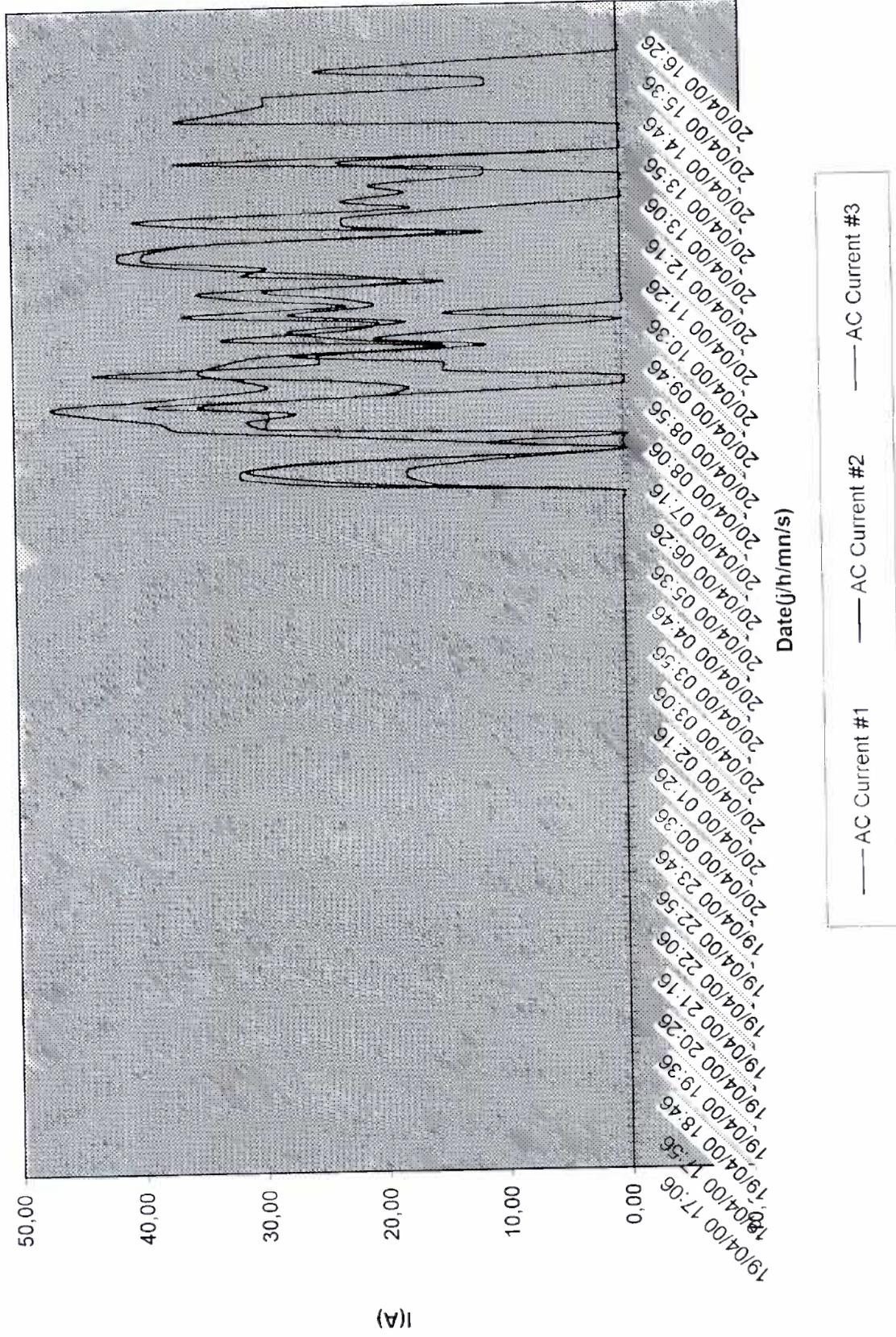
Annexe 1: Mésures des intensités du courant électrique

SUPPRESSEURS SANITAIRES



Annexe 1: Mésures des intensités du courant électrique

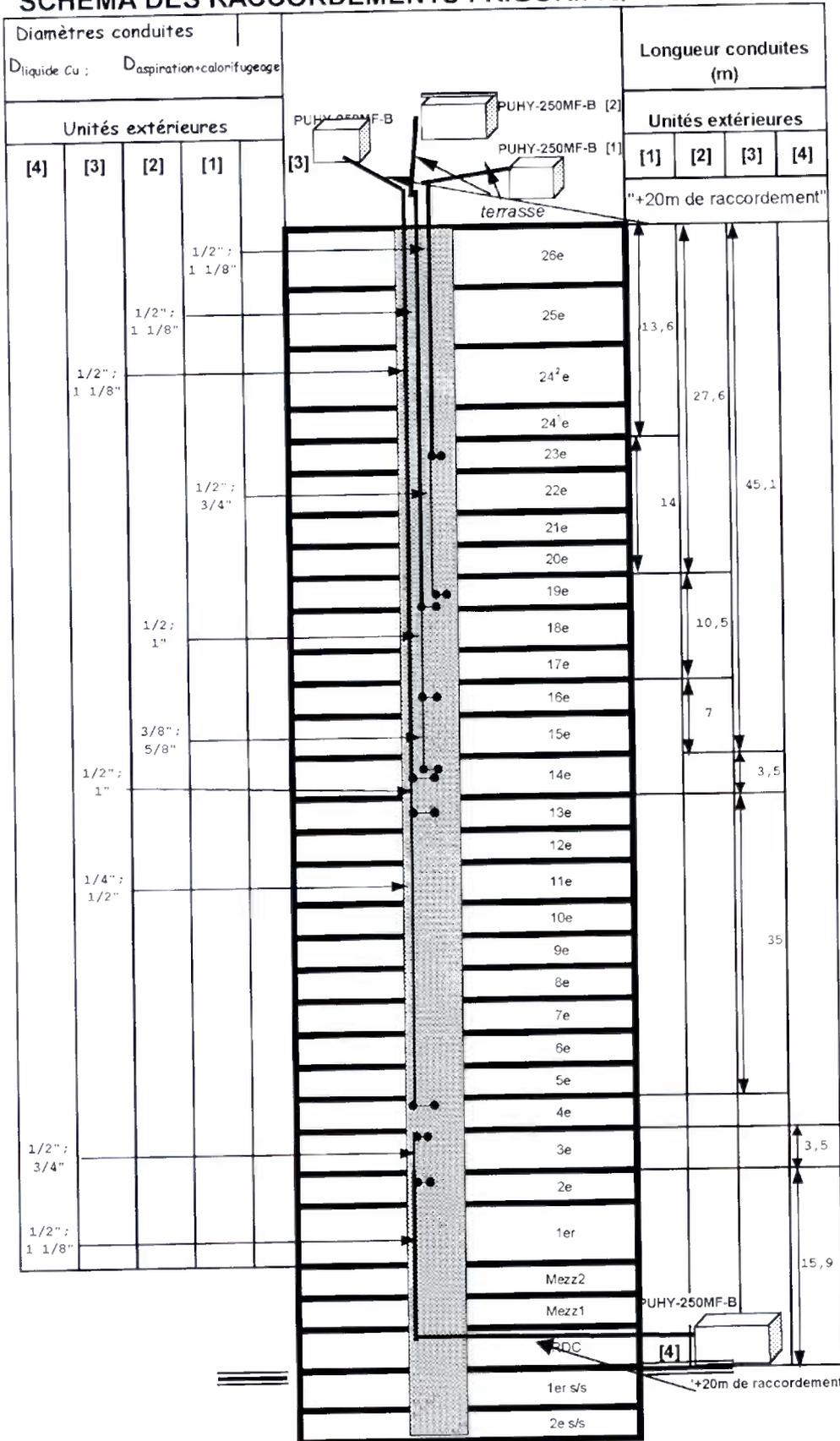
CUISINE



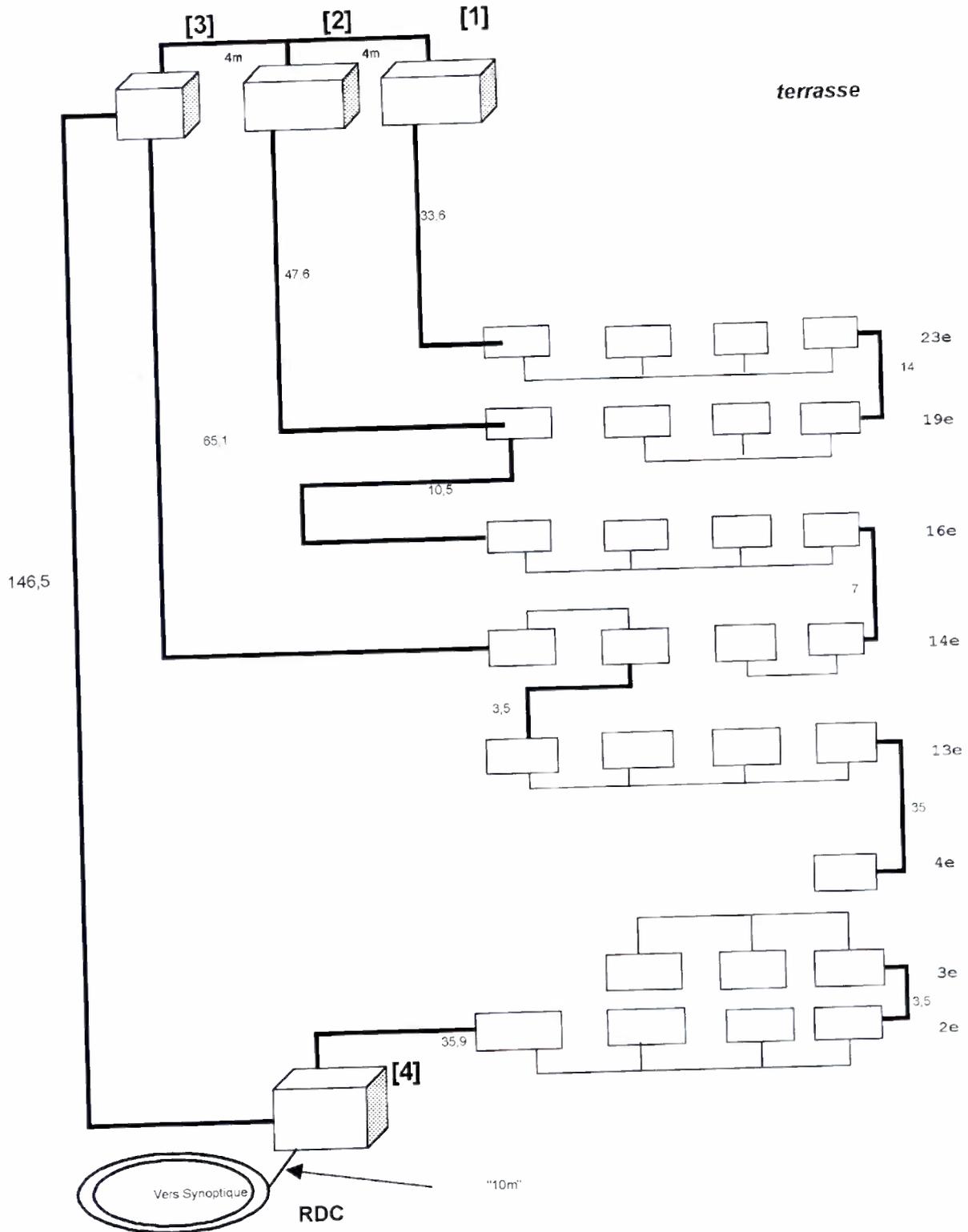
Annexe 1 : Mesures des intensités du courant électrique

ANNEXES VRV

SCHEMA DES RACCORDEMENTS FRIGORIFIQUES DANS LA TREMIE



SCHEMA TELECOMMANDE



Caractéristique technique des appareils du système VRV

Unité extérieure Y à condensation à air au R 407 C

Modèle		PUHY-P250YMF-B	
		Froid	Chaud
Puissance	Kcal/h	20,000	28,000
	KW	29.1	32.6
	BTU	99,300	111,200
Alimentation électrique		3 phases + neutre + terre ~ 380/400/415V 50/60Hz	
Puissance absorbée	KW	11.8	10.9
Intensité absorbée	A	19.9/18.9/18.2	18.4/17.4/16.8
Ventilateur	Type x Quantité	Hélicoïdal x 1	
	Débit d'air	M3/min	185
	Puissance utile	kW	0,350
Compresseur	Type	Scroll hermétique	
	Puissance utile	KW	7.5
	Résistance de carter	kW	0,045
Réfrigérant / Huile		R407C/Huile polyester	
Finitions		Acier galva / Peinture poutre	
Dimensions		1715(H)x990(L)x840(P)	
Sécurités	Pressostat haute pression	2.94MPa	
	Compresseur / Ventilateur	Surintensité / Protecteur thermique	
	Inverter	Surintensité ligne bus / Protecteur thermique	
φ tubes frigorifiques	Liquide / Gaz	φ12.7 flare / φ 28.58 raccord à bride	
Unité intérieure	Puissance total	50 ~ 130% de la puissance unité extérieure	
	Modèle / Quantité	Modèle 20 ~ 125 / 1~ 16	
Niveau sonore	DB <A>	58	
Poids	kg	255	
Plage de fonctionnement		Intérieur: 15°CWB ~ 24°CWB Extérieur: -5°CDB ~ 43°CDB (10°CDB ~ 43°CDB avec unité extérieure en position basse)	Intérieur: 15°CDB ~ 27°CDB Extérieur: -15°CWB ~ 15.5°CWB

Note:

1. Les puissances frigorifiques et calorifiques sont données aux conditions suivantes :

Froid Intérieur : 27°CDB/19°CWB Extérieur : 35°CDB
 Chaud Intérieur: 21°CDB/ Extérieur : 7°CDB/6°CWB
 Liaisons frigorifiques : 5m Dénivelé : 0 m

2. Travaux non compris : Installation, fondations, raccordements électriques, gainage, isolation, sectionneurs de proximité et autres travaux non mentionnés dans ces spécifications.
3. DB = TS = Température sèche. WB = TH = Température humide.

ANNEXE 3. ETUDE DE LA FACTURATION ELECTRIQUE

NOM A.T.C.I.
 ADRESSE POSTEL 2001
 REFERENCE 042 1 081 11
 PERIODE juil-98

PUISSANCE SOUSCRITE
 TARIF

1500
 Génère

à

juil-99

RELEVES DES FACTURES

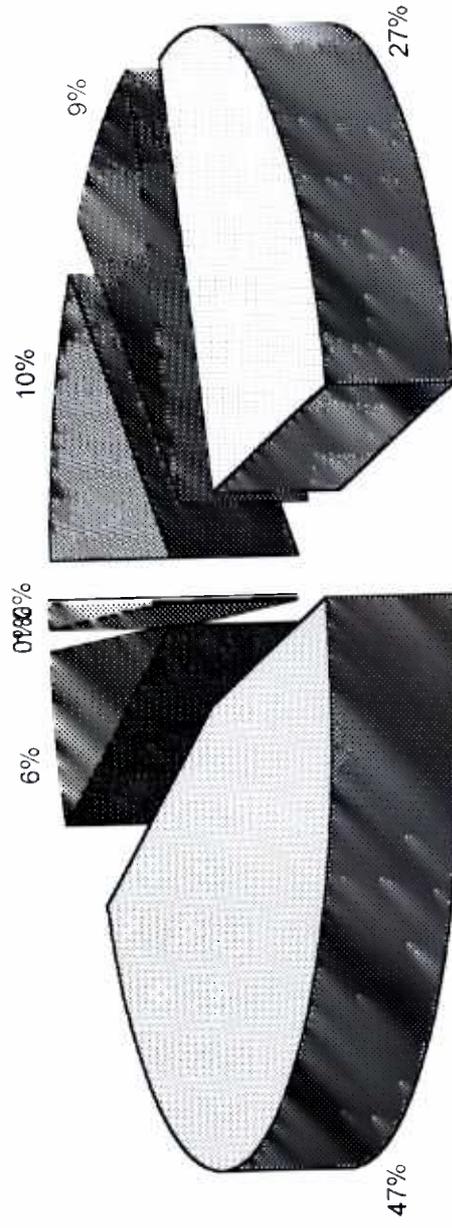
MOIS	Consommation enregistrée (kwh)	CONSUMATION FACTUREE (kWh)			Puisance souscrite (kW)	Puisance atteinte (kW)	Facture éactif (kVARI Tangente phi	Consommation Prime fixe Dépasserment Tangente	Location	PRIX TOTAL (FCFA)
		Pointe	Jour	Total						
juil-98	632 400	86 700	373 200	632 400	1 500	476 700	2 914 065	24 435	28 314 935	
août-98	503 100	69 300	297 300	503 100	1 500	375 600	2 914 065	24 435	23 136 295	
sept-98	623 100	85 200	365 100	623 100	1 500	456 600	2 914 065	24 435	27 918 845	
oct-98	641 100	88 200	373 800	641 100	1 500	459 300	2 914 065	24 435	28 638 260	
nov-98	522 900	72 300	309 000	522 900	1 500	378 600	2 914 065	24 435	23 937 050	
déc-98	750 900	104 700	432 900	750 900	1 500	538 200	2 914 065	24 435	33 036 870	
janv-99	478 200	65 400	278 100	478 200	1 500	339 000	2 914 065	24 435	22 065 610	
févr-99	587 400	77 700	347 700	587 400	1 500	430 800	2 914 065	24 435	28 455 745	
mars-99	471 000	66 000	276 000	471 000	1 500	333 000	2 914 065	24 435	21 855 540	
avr-99	513 000	69 000	309 000	513 000	1 500	390 000	2 914 065	24 435	26 889 915	
mai-99	390 000	57 000	231 000	390 000	1 500	285 000	2 914 065	24 435	18 669 810	
juil-99	396 000	54 000	243 000	396 000	1 500	315 000	2 914 065	24 435	20 882 560	
TOTAL	6 512 100	895 500	3 838 100	6 512 100	1 500	4 772 800	34 988 780	293 220	300 837 375	
MOYENNE	542 675	74 625	319 675	542 675	1 023	398 150	2 914 065	24 435	25 069 980	

MONTANTS CALCULES

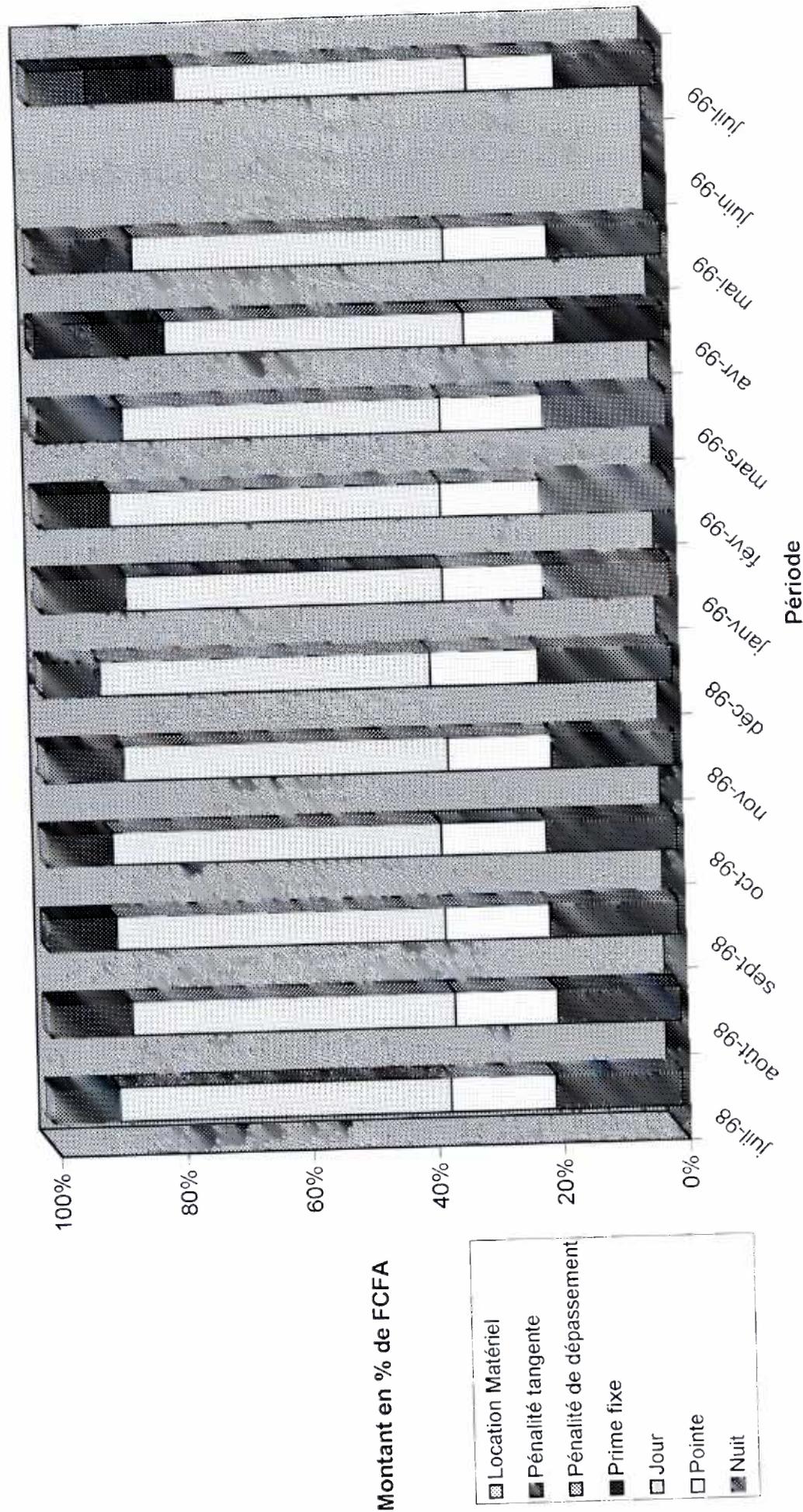
MOIS	Moy	Pointe	Consommation en CFA			Prime fixe	Pénalité tangente	Location Moy	Montant calcul (FCFA)
			Pointe	Jour	Total				
juil-98	5 709 750	4 731 219	14 935 464	28 576 433	2 914 065	0	24 435	28 314 933	
août-98	4 518 150	3 781 701	11 897 946	20 197 797	2 914 065	0	24 435	23 136 297	
sept-98	5 719 690	4 649 364	14 611 302	24 980 346	2 914 065	0	24 435	27 918 846	
oct-98	5 928 210	4 813 074	14 959 476	25 700 760	2 914 065	0	24 435	28 638 260	
nov-98	4 686 960	3 945 411	12 366 180	20 998 551	2 914 065	0	24 435	23 937 051	
déc-98	7 060 230	5 713 479	17 324 658	30 059 367	2 914 065	0	24 435	33 036 867	
janv-99	4 458 570	3 568 878	11 129 562	19 157 010	2 914 065	0	24 435	22 065 510	
févr-99	5 362 200	4 240 089	13 914 964	23 517 243	2 914 065	0	24 435	26 455 743	
mars-99	4 269 900	3 601 620	11 045 520	18 917 040	2 914 065	0	24 435	21 855 540	
avr-99	4 468 500	3 765 330	12 366 180	20 600 010	2 914 065	2 351 405	24 435	26 889 915	
mai-99	3 376 200	3 110 490	9 244 620	15 731 310	2 914 065	0	24 435	18 669 810	
juil-99	3 376 200	2 946 780	9 724 860	16 047 840	2 914 065	0	24 435	20 882 530	
TOTAL	58 828 900	46 867 833	154 933 742	261 322 730	34 988 780	0	293 220	300 837 302	

SITUATION ACTUELLE

REPARTITION DE LA FACTURATION (%)



EVOLUTION ANNUELLE DE LA FACTURATION (%)



MONTANT CONSOMMATION EN FCFA AVANT ET APRES OPTIMISATION

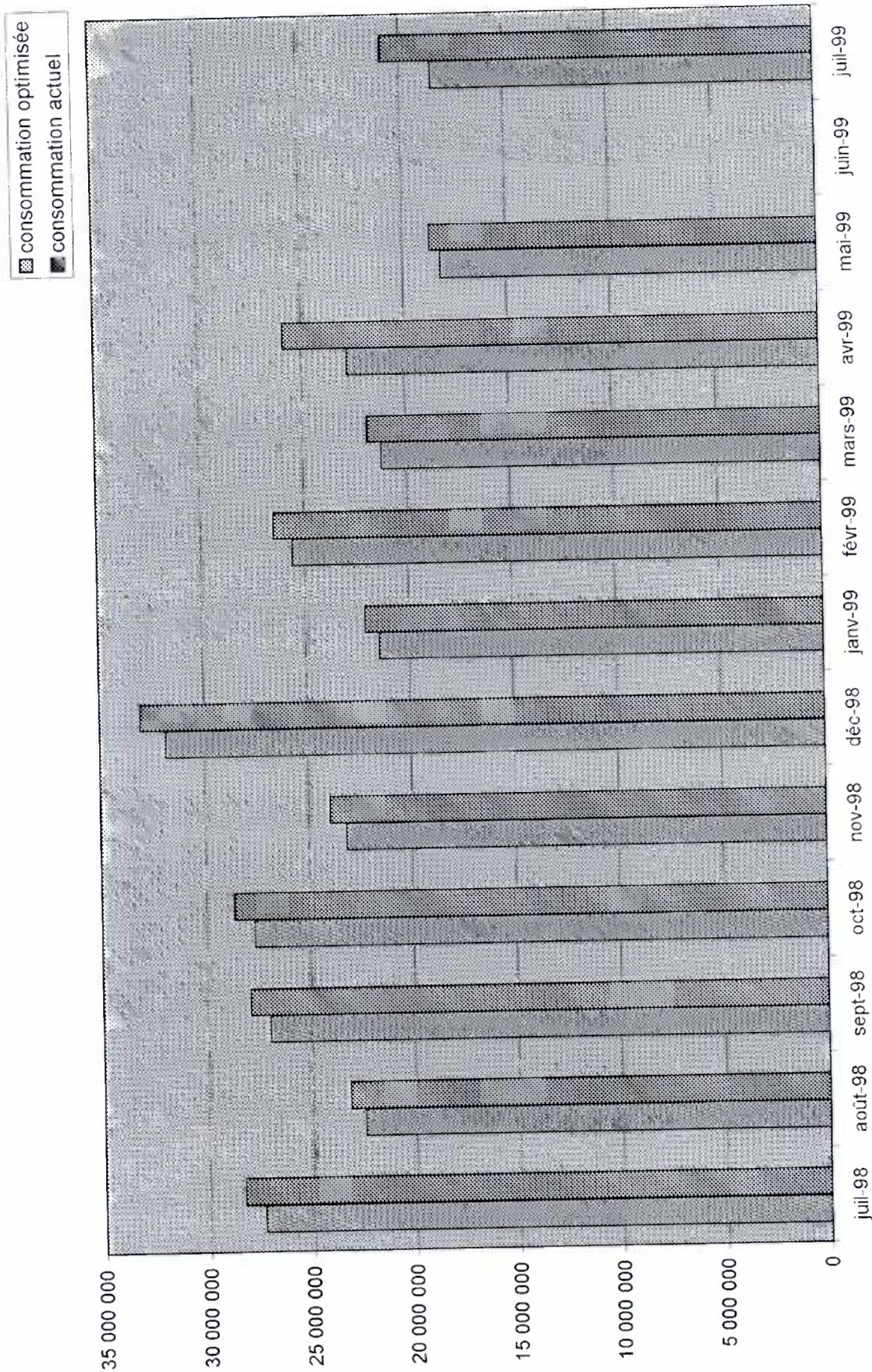


FIGURE 2 Puissance réactive en kVAr pour faire passer 1 kW d'un facteur de puissance actuel au facteur de puissance désiré

		Facteur de puissance désiré																
		CosPhi	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95
		TgPhi	0.75	0.72	0.70	0.67	0.65	0.62	0.59	0.57	0.54	0.51						
Facteur de puissance actuel	CosPhi	TgPhi																
	0.50	1.73	.982	1.008	1.034	1.060	1.086	1.112	1.139	1.165	1.192	1.220	1.248	1.276	1.306	1.337	1.369	1.403
	0.51	1.69	.937	.963	.989	1.015	1.041	1.067	1.093	1.120	1.147	1.174	1.202	1.231	1.261	1.291	1.324	1.358
	0.52	1.64	.893	.919	.945	.971	.997	1.023	1.049	1.076	1.103	1.130	1.158	1.187	1.217	1.247	1.280	1.314
	0.53	1.60	.850	.876	.902	.928	.954	.980	1.007	1.033	1.060	1.088	1.116	1.144	1.174	1.205	1.237	1.271
	0.54	1.56	.809	.835	.861	.887	.913	.939	.965	.992	1.019	1.046	1.074	1.103	1.133	1.163	1.196	1.230
	0.55	1.52	.768	.794	.820	.846	.873	.899	.925	.952	.979	1.006	1.034	1.063	1.092	1.123	1.156	1.190
	0.56	1.48	.729	.755	.781	.807	.834	.860	.886	.913	.940	.967	.995	1.024	1.053	1.084	1.116	1.151
	0.57	1.44	.691	.717	.743	.769	.796	.822	.848	.875	.902	.929	.957	.986	1.015	1.046	1.079	1.113
	0.58	1.40	.655	.681	.707	.733	.759	.785	.811	.838	.865	.892	.920	.949	.979	1.009	1.042	1.076
	0.59	1.37	.618	.644	.670	.696	.723	.749	.775	.802	.829	.856	.884	.913	.942	.973	1.006	1.040
	0.60	1.33	.583	.609	.635	.661	.687	.714	.740	.767	.794	.821	.849	.878	.907	.938	.970	1.005
	0.61	1.30	.549	.575	.601	.627	.653	.679	.706	.732	.759	.787	.815	.843	.873	.904	.936	.970
	0.62	1.27	.515	.541	.567	.593	.620	.646	.672	.699	.726	.753	.781	.810	.839	.870	.903	.937
	0.63	1.23	.483	.509	.535	.561	.587	.613	.639	.666	.693	.720	.748	.777	.807	.837	.870	.904
	0.64	1.20	.451	.477	.503	.529	.555	.581	.607	.634	.661	.688	.716	.745	.775	.805	.838	.872
	0.65	1.17	.419	.445	.471	.497	.523	.549	.576	.602	.629	.657	.685	.714	.743	.774	.806	.840
	0.66	1.14	.388	.414	.440	.466	.492	.519	.545	.572	.599	.626	.654	.683	.712	.743	.775	.810
	0.67	1.11	.358	.384	.410	.436	.462	.488	.515	.541	.568	.596	.624	.652	.682	.713	.745	.779
	0.68	1.08	.328	.354	.380	.406	.432	.459	.485	.512	.539	.566	.594	.623	.652	.683	.715	.750
0.69	1.05	.299	.325	.351	.377	.403	.429	.456	.482	.509	.537	.565	.593	.623	.654	.686	.720	
0.70	1.02	.270	.296	.322	.348	.374	.400	.427	.453	.480	.508	.536	.565	.594	.625	.657	.692	
0.71	0.99	.242	.268	.294	.320	.346	.372	.398	.425	.452	.480	.508	.536	.566	.597	.629	.663	
0.72	0.96	.214	.240	.266	.292	.318	.344	.370	.397	.424	.452	.480	.508	.538	.569	.601	.635	
0.73	0.94	.186	.212	.238	.264	.290	.316	.343	.370	.396	.424	.452	.481	.510	.541	.573	.608	
0.74	0.91	.159	.185	.211	.237	.263	.289	.316	.342	.369	.397	.425	.453	.483	.514	.546	.580	
0.75	0.88	.132	.158	.184	.210	.236	.262	.289	.315	.342	.370	.398	.426	.456	.487	.519	.553	
0.76	0.86	.105	.131	.157	.183	.209	.235	.262	.288	.315	.343	.371	.400	.429	.460	.492	.526	
0.77	0.83	.079	.105	.131	.157	.183	.209	.235	.262	.289	.316	.344	.373	.403	.433	.466	.500	
0.78	0.80	.052	.078	.104	.130	.156	.183	.209	.236	.263	.290	.318	.347	.376	.407	.439	.474	
0.79	0.78	.026	.052	.078	.104	.130	.156	.183	.209	.236	.264	.292	.320	.350	.381	.413	.447	
0.80	0.75	.000	.026	.052	.078	.104	.130	.157	.183	.210	.238	.266	.294	.324	.355	.387	.421	
0.81	0.72	-	.000	.026	.052	.078	.104	.131	.157	.184	.212	.240	.268	.298	.329	.361	.395	
0.82	0.70	-	-	.000	.026	.052	.078	.105	.131	.158	.186	.214	.242	.272	.303	.335	.369	
0.83	0.67	-	-	-	.000	.026	.052	.079	.105	.132	.160	.188	.216	.246	.277	.309	.343	
0.84	0.65	-	-	-	-	.000	.026	.053	.079	.106	.134	.162	.190	.220	.251	.283	.317	
0.85	0.62	-	-	-	-	-	.000	.026	.053	.080	.107	.135	.164	.194	.225	.257	.291	
0.86	0.59	-	-	-	-	-	-	.000	.027	.054	.081	.109	.138	.167	.198	.230	.265	
0.87	0.57	-	-	-	-	-	-	-	.000	.027	.054	.082	.111	.141	.172	.204	.238	
0.88	0.54	-	-	-	-	-	-	-	-	.000	.027	.055	.084	.114	.145	.177	.211	
0.89	0.51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.000	.028	.057	.086	.117	.149	.184	
0.90	0.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.000	.029	.058	.089	.121	.156	
0.91	0.46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.000	.030	.060	.093	.127	
0.92	0.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.000	.031	.063	.097	
0.93	0.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.000	.032	.067	
0.94	0.36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.000	.034	
0.95	0.33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.000	