

**SOLUTIONS ET OPTIMISATION ENERGETIQUE POUR
L'ALIMENTATION ELECTRIQUE DES DATACENTERS EN AFRIQUE :
CAS DU BURKINA FASO**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
OPTION : ENERGIE ET GENIE DE PROCEDES**

Présenté et soutenu publiquement le 18 Juin 2011 par

Lassina SANOU

Travaux dirigés par : Dr Yao AZOUMAH

Enseignant-chercheur,

Bruno BOUTEILLE

D.G de SIREA

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr. Yézouma COULIBALY

Membres et correcteurs : Bruno BOUTEILLE

Henri KOTTIN

Francis SEMPORE

Promotion [2010-2011]

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à notre formation ainsi qu'à l'élaboration du présent mémoire. Nos remerciements vont singulièrement :

- ❖ A toute ma famille pour leur soutien indéfectible ;
- ❖ A Monsieur Bruno Bouteille Directeur General de SIREA, qui n'a ménagé aucun effort pour la réussite du projet ;
- ❖ A tout le personnel SIREA pour leur bienveillance à mon égard;
- ❖ A Monsieur Yao AZOUMAH, mon directeur de mémoire, à qui je témoigne toute ma reconnaissance.

RESUME

Cet ouvrage porte sur une étude d'optimisation et de sécurisation de l'alimentation en énergie électrique des Datacenters modulables, transportables et destinés au continent africain, proposés par l'entreprise SIREA. L'étude menée sur les Datacenters au Burkina Faso, révèle un PUE (indicateur d'efficacité énergétique) de 2,1 pour une consommation moyenne en énergie électrique de 532 MWh/an, dont plus de 40% destinée à la climatisation.

L'étude bibliographique a fait ressortir d'énormes potentialités en termes d'optimisation énergétique des Datacenters. La comparaison de ces différentes voies d'optimisation nous a permis de choisir une solution combinée qui passe par :

l'aménagement des baies informatiques en allées chaude et froide,

l'association de la climatisation compressive à celle adiabatique à travers un récupérateur de chaleur.

Quant à la sécurisation de l'alimentation électrique, elle passe par un système de Gestion Technique Centralisée à travers « μ VIEW ENERGIE ».

L'application de ces solutions sur un Datacenter modulable de six (06) baies soumises aux contraintes énergétiques et climatique de la ville de Ouagadougou nous a donné comme résultat :

Une réduction de la consommation d'électricité du système de climatisation de plus de 50% par rapport aux Datacenters visités, pour un retour sur investissement de 2 ans. Quant à la solution « μ VIEW ENERGIE », elle permet d'évaluer, et d'agir de manière précise sur les paramètres et équipements de l'installation électrique du Datacenter. La qualité et la disponibilité de l'alimentation électrique du centre de traitement de données sont ainsi mieux contrôlées et maîtrisées.

Mots clés: Datacenter, optimisation énergétique, climatisation, modulaire, énergie électrique

ABSTRACT

This work is about the optimisation and the security of electrical energy supply on flexible Datacenters transportable and intended to Africa, proposed by SIREA.

The study done on datacenters in Burkina Faso shows a PUE (Power Usage Effectiveness) of 2.1 for 532MWH/year as the average of electrical energy used. More than 40% of that energy is used by air conditioning.

The bibliography studied has showed us a high level of energetic optimisation about the datacenters. The comparison of different ways of optimisation has allowed us to choose a combined solution by:

- Arrangement of bay servers in hot and cold path
- Association of compressive air conditioning with the adiabatic process through a heat exchanger.

About the security of electricity supply, it's assured by one system of centralised management technique through μ VIEW ENERGIES.

The application of these solutions on one flexible datacenters of six bay servers according, energy and climate constraint of the town Ouagadougou, has given us the following results:

The using of electricity on the air conditioning system reduces more than 50% for the datacenters visited, for two years return of investment. As for the solution μ VIEW ENERGIE, it allows to evaluate, and act precisely on the parameters and the electrical equipment of the data center. The quality and availability of data center power are significantly improved.

Keys words: Datacenter, energy optimization, Air Conditioning, modular, electric power

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Exemple d'un grand Datacenter. Cisco, 2009	6
Figure 2 : Caractéristiques de l'air humide dans les environnements IT [6].....	8
Figure 3: Répartition de la consommation électrique dans les Datacenter en 2009.....	10
Figure 4: Exemple de Datacenter modulable	11
Figure 5: Indices de performance des Datacenters visités.....	14
Figure 6: Bilans thermiques des différents apports de chaleur.....	14
Figure 7: Température et humidité relative année 2009 de la ville de Ouagadougou [9] ...	15
Figure 8: Confinement allée chaude/ allée froide dans un Datacenter modulable.	18
Figure 9: Solution par climatisation Adiabatique d' ATS MODULAR.....	21
Figure 10: La solution innovante de COOLEA [13]	22
Figure 11: Pertes énergétiques liées au surdimensionnement de l'onduleur [14].....	24
Figure 12: Plan global du Datacenter SIREA.....	27
Figure 13: Principe de fonctionnement de solution pour l'optimisation du système de climatisation	29
Figure 14: scenario 1	31
Figure 15: scenario 2	31
Figure 16: synoptique de la Gestion Technique Centralisée « μ VIEW ENERGIE » pour Datacenter.....	35

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Différents niveaux de disponibilité des Datacenters [5].....	7
Tableau 2: les principales caractéristiques des deux types d'hébergements informatiques en Afrique.....	12
Tableau 3: Répartition de la puissance électrique dans deux (02) Datacenters du Burkina Faso.....	13
Tableau 4: Répartition de la consommation énergétique dans deux (02) Datacenters du Burkina Faso.....	13
Tableau 5: Solutions pour la réduction de la consommation énergétique dans les Datacenters dans leurs globalités.....	17
Tableau 6: différentes classes d'efficacités des climatiseurs à compression [12].....	20
Tableau 7: Cartographie des solutions pour assurer la disponibilité des réseaux électriques [16]	25
Tableau 8: récapitulatif des solutions d'optimisations énergétiques pour Datacenter soumis aux contraintes Africaines	26
Tableau 9: Récapitulatif du bilan thermique du Datacenter modulable de six (06) baies...	30
Tableau 10: Températures et hygrométries moyennes suivant les tranches d'heures 7h-19h et 19h-7h.....	30
Tableau 11: Puissances et coûts des climatiseurs.....	32
Tableau 12: Inventaire des appareils électriques du Datacenter.....	33
Tableau 13: Cout du matériel de supervision	36
Tableau 14: Ecart de température entre l'air repris dans la salle serveur et l'air soufflé par le climatiseur adiabatique.	37
Tableau 15: consommation d'eau et d'énergie électrique du système de climatisation.....	38
Tableau 16: Tableau comparatif de la solution proposée par rapport à celle appliquée actuellement au Burkina	39

LISTE DES ABREVIATIONS

ASHRAE

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

ASI

Alimentation Sans Interruption

DCiE

DataCenter Infrastructure Efficiency (rendement électrique du Datacenter)

EER

Energy Efficiency Ratio (coefficient d'efficacité frigorifique)

GTC

Gestion Technique Centralisée

IT

Information Technology (Technologie de l'information)

PDU

Power Distribution Unit (unité de distribution électrique)

PUE

Power Usage Effectiveness (indicateur d'efficacité énergétique)

TIC

Technologie de l'Information et de la Télécommunication

TGBT

Tableau General Basse Tension

Sommaire	
REMERCIEMENTS	I
RESUME	II
ABSTRACT	III
LISTE DES FIGURES	IV
LISTE DES TABLEAUX	V
LISTE DES ABREVIATIONS	VI
Sommaire	1
I- INTRODUCTION GENERALE.....	3
I-1- Problématique générale.....	3
I-2- Présentation de l'entreprise SIREA	3
I-3- Objectifs de l'étude	4
I-4- Démarche de l'étude	5
II- CONFIGURATION GENERALE DES DATACENTERS.....	6
II-1- Présentation du Datacenter	6
II-1-1- Les baies informatiques	6
II-1-2- Alimentation électrique des Datacenters	7
II-1-3- Le système de refroidissement des Datacenters	7
II-2- CONFIGURATION ENERGETIQUE DES DATACENTERS	8
II-2-1- Les indicateurs de performances	8
II-2-2- Répartition de la consommation électrique dans les Datacenters.....	9
II-3- Les Datacenters modulables, et transportables.....	10
III- CONFIGURATION DE DATACENTERS AU BURKINA FASO	12
III-1- LA CONFIGURATION ENERGETIQUE.....	13
III-2- Contraintes liées aux conditions environnementales	15
III-3- Données à retenir sur cette étude	15
IV- ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DES SOLUTIONS D'OPTIMISATION	16
IV-1- Les solutions d'optimisation du système de refroidissement	18
IV-1-1- L'aménagement de la salle serveur ainsi que l'architecture de la distribution d'air.	18
IV-1-2- Le free-cooling.....	19
IV-1-3- Les équipements à très haut rendement	19

SOLUTIONS ET OPTIMISATION ENERGETIQUE POUR L'ALIMENTATION ELECTRIQUE DES DATACENTERS EN AFRIQUE

IV-1-4- Les solutions technologiques par climatisation adiabatique	20
IV-2- LA SOLUTION D'OPTIMISATION DE L'ALIMENTATION ELECTRIQUE	23
IV-2-1- Optimisation par le dimensionnement	23
IV-2-2- Solution pour la maitrise, la qualité et la disponibilité électrique.....	24
IV-3- Tableau de synthèse des solutions abordées	25
V- LES SOLUTIONS OPTIMISATIONS DE SIERA DATACENTER.....	27
V-1- présentation générale de la solution	27
V-2- Présentation des solutions apportées sur le système de climatisation.....	28
V-2-1- Description	28
V-2-2- Détermination des équipements	30
V-2- Présentation de solution pour la maitrise et l'optimisation énergétique de l'alimentation électrique du Datacenter.....	32
V-2-1-Détermination des caractéristiques du réseau électrique.....	32
V-2-2- Cahier de charge pour la Gestion Technique Centralisée	33
V-2-3- Présentation et Coût du matériel de supervision	36
VI- DISCUSSIONS ET ANALYSES.....	37
VI-1- Consommation énergétique de la solution proposée	37
VI-2- Comparaisons avec le système de climatisation existant.....	39
VI-2-3- Avantage de la Gestion Technique Centralisée	40
VII- CONCLUSION	41
VIII- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	43
IX- ANNEXES	45

I- INTRODUCTION GENERALE

I-1- Problématique générale

Le volume annuel des données traitées par les entreprises et les administrations dans le monde via les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) était estimé à 27 millions de serveurs en 2008 [1]. Les salles destinées à recevoir ces serveurs sont généralement les points cruciaux du système d'information et de productivité de l'entreprise. Le Datacenter ou centre de traitement de données fait office de local destiné à cette application.

En l'an 2000 la consommation en énergie électrique des Datacenters s'évaluait à 60 milliards de kWh, en 2005 elle est passée à 117 milliards de kWh selon une étude menée en 2006 par HP [2]. Ces chiffres impliquent un coût de gestion et un impact environnemental très élevé. Face à cette problématique plusieurs entreprises et gouvernements européens et américains se sont engagés à réduire, voire stabiliser la demande énergétique de ces centres [3]. Les solutions proposées par ces derniers sont fonctions de leurs contraintes énergétiques, environnementales et économiques.

En Afrique, les Datacenters n'ont ni les mêmes tailles [4], ni soumis forcément aux mêmes contraintes que ceux d'Europe et d'Amérique. Pour résoudre un tant soit peu ces différences, l'entreprise SIREA s'est fixée pour objectif de proposer des Datacenters modulaires, packagés, avec un indice de performance énergétique très élevé, adaptés aux contraintes africaines

I-2- Présentation de l'entreprise SIREA

Fort de plus de 15 ans d'expérience dans le domaine de l'électrotechnique, SIREA est reconnu pour son expertise technique et son savoir-faire professionnel dans les domaines de l'électricité, de l'automatisme et de l'informatique. Localisé à CASTRES en France, SIERA se décline aujourd'hui sous cinq composantes :

La composante Energie ;

La composante Environnement ;

La composante Carrière ;

La composante Santé ;

La composante Industrie.



SIREA s'est ainsi spécialisée durant ces 15 ans dans : les réalisations d'études spécifiques, la conduite de chantier, les projets d'étude, la formation, la réalisation et la mise en œuvre d'installations électriques et automatisées, l'assistance technique, la supervision et la conduite de systèmes, la mise en service sur site, l'optimisation d'installation, la mise en conformité, elle offre une véritable maîtrise des services de l'ingénierie électrique et des solutions techniques novatrices alliant qualité et performances.

SIREA assure le développement et la réalisation de systèmes destinés aux intégrateurs, constructeurs et utilisateurs d'équipements d'automatismes.

Elle propose une centralisation et un d'hébergement des données de télégestion sur ses propres serveurs informatiques.

SIREA propose également des systèmes de suivi et de gestion énergétique à travers la solution μ View Energie, qui permet de contrôler et réduire les consommations énergétiques, de surveiller et d'analyser l'utilisation de l'énergie, permettant ainsi de gérer et optimiser les coûts énergétiques.

I-3- Objectifs de l'étude

L'objectif global de projet est de proposer des Datacenters modulaires, packagés, avec un indice de performance énergétique très élevé, adaptés aux contraintes africaines. Spécifiquement, il s'agira dans cette étude :

- D'optimiser les consommations électriques pour assurer une meilleure efficacité énergétique du Datacenter SIREA
- De garantir la maîtrise, la qualité et la disponibilité électrique

I-4- Démarche de l'étude

Pour traiter ce sujet, trois (03) parties seront nécessaires :

Une première partie consacrée à la configuration des Datacenters dans leur globalité, et à l'examen de deux exemples de Datacenters installés en Afrique plus précisément à Ouagadougou au Burkina Faso. Cette partie nous permettra ainsi de mieux apprécier les exigences et les contraintes énergétiques des Datacenters au Burkina.

La seconde partie quant à elle présentera une étude bibliographique sur les solutions techniques. Ces solutions ont pour but d'optimiser les consommations électriques, mais surtout de garantir la maîtrise, la qualité et la disponibilité électrique dans les Datacenters. Cette partie vise à dégager une solution optimale.

La troisième et dernière partie consistera à la présentation des solutions retenues. L'objectif ainsi visé à travers cette partie est de faire ressortir les améliorations apportées par rapport aux Datacenters visités.

II- CONFIGURATION GENERALE DES DATACENTERS

II-1- Présentation du Datacenter

Un Datacenter ou encore “centre de traitement de données” est une salle regroupant les systèmes souvent critiques d'un Système d'Information, tels que les équipements informatiques et les équipements de télécommunications. L'utilisation principale d'un Datacenter est de traiter les informations nécessaires aux activités d'une entreprise. Il comprend en général un contrôle sur l'environnement (climatisation, système de prévention contre l'incendie, etc.), une alimentation d'urgence et redondante, ainsi qu'une sécurité physique élevée.

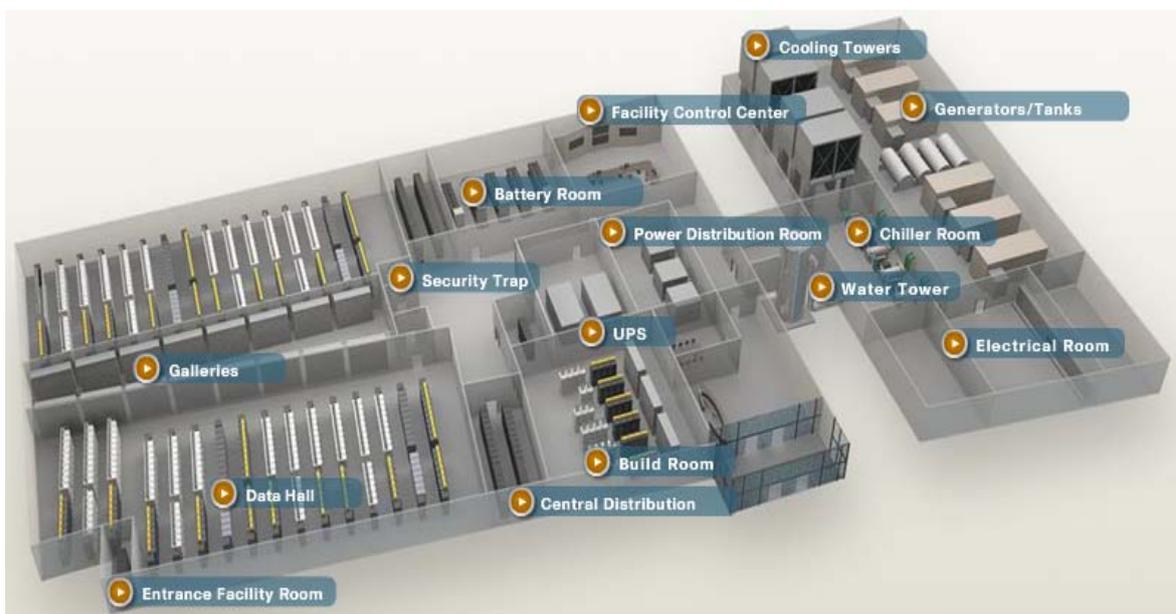


Figure 1 : Exemple d'un grand Datacenter. Cisco, 2009

II-1-1- Les baies informatiques

Ce sont des armoires pouvant accueillir des éléments “rackables” (serveurs, actifs réseaux, stockages) dans des emplacements de tailles normalisées d'une largeur de 19 pouces soit 48,26 cm. Une baie possède généralement un espace disponible de 40U, 47U ou 52U où U désigne l'unité de hauteur de chaque élément rackable. La capacité de contenance d'un Datacenter va de quelques baies à des centaines de baies. La puissance électrique absorbée par une baie varie entre 1kW à 15kW [3].

II-1-2- Alimentation électrique des Datacenters

La grande disponibilité et la qualité de l'alimentation en énergie électrique sont les contraintes liées à l'exploitation des Datacenters. Une défaillance du système provoque des pertes de données et financières inestimables pour ces entreprises [5]. Le système d'alimentation électrique est fonction de la disponibilité exigée par les baies informatiques.

Tableau 1: Différents niveaux de disponibilité des Datacenters [5]

« Tiers »/Catégories	I	II	III	IV
Durée annuelle moyenne d'indisponibilité tolérée	28,8heures	22heures	96minutes	24minutes
Niveau de redondance	Pas ou peu de redondance(N)	Redondance des équipements importants	Redondance passive des voies d'alimentation et de refroidissement (N+1)	Redondance active des voies d'alimentation et de refroidissement
Maintenance sans indisponibilité	non	non	oui	oui
Resistance à toute défaillance	non	non	non	oui
Densité énergétique permise	>250Watts/m ²	>500Watts/m ²	>1000Watts/m ²	>1500W/m ²

II-1-3- Le système de refroidissement des Datacenters

L'atteinte de ces niveaux de disponibilités élevées passe par l'évacuation de la chaleur dégagée par les baies, les onduleurs...

Les équipements informatiques étant composés de composants électroniques, ils sont très sensibles :

- à la température
- à l'humidité de l'air
- à la poussière

L'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers) donne les normes en termes de climatisation des Datacenters.

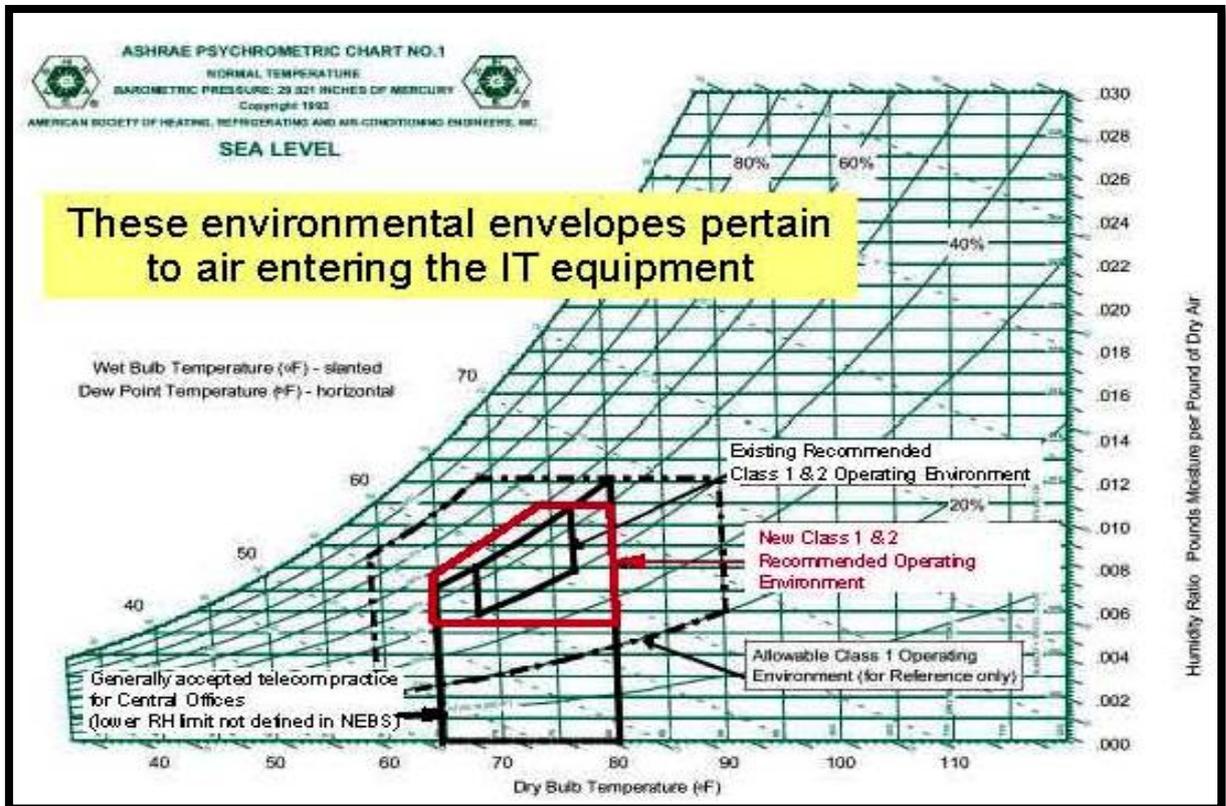


Figure 2 : Caractéristiques de l'air humide dans les environnements IT [6]

II-2- CONFIGURATION ENERGETIQUE DES DATACENTERS

II-2-1- Les indicateurs de performances

L'énergie consommée par les baies, l'énergie nécessaire pour la climatisation, les pertes énergétiques du système d'alimentation sans interruption (ASI) font des Datacenter des centres très énergivores à l'échelle mondiale [2].

Pour évaluer la consommation électrique des différents systèmes présents dans un Datacenter, un consortium international de sociétés informatiques Green Grid, a été créé en 2007 afin de définir, d'élaborer et de promouvoir des standards, des méthodes et des nouvelles technologies liés aux Datacenters. Ce dernier, à savoir le consortium, a mis au point deux mesures de l'efficacité énergétique liées aux centres de traitements de données.

- Le Power Usage Effectiveness (PUE) [7] calcule le rapport entre la consommation énergétique totale d'un Datacenter et celle des équipements IT qu'il héberge.

Avec E_{IT} : énergie électrique consommée par les baies informatiques

E_{infr} : énergie électrique consommée par le reste de l'installation

- Le Datacenter infrastructure Efficiency (DCiE) [7] calcule le ratio inverse de celui du PUE.

Ces indicateurs ne sont en aucun cas, au sens service informatique rendu à l'entreprise, des indicateurs de la performance globale du Datacenter.

Par contre ils sont des indicateurs de performance des composantes électriques et de refroidissement du Datacenter.

Un PUE moyen est de l'ordre de 2.5. Autrement dit, sur 2,5 watts entrant dans le Datacenter, un seul watt est utilisé par la charge de traitement informatique. Le reste étant utilisé par les systèmes de refroidissement et d'alimentation électrique.

II-2-2- Répartition de la consommation électrique dans les Datacenters

Dans ce schéma général considéré comme étant la répartition de la consommation électrique dans les Datacenter en 2009 [8], on constate que pour 100 watts introduits dans le centre, seuls 45 watts arrivent finalement aux machines informatiques (serveurs, stockage, réseau).

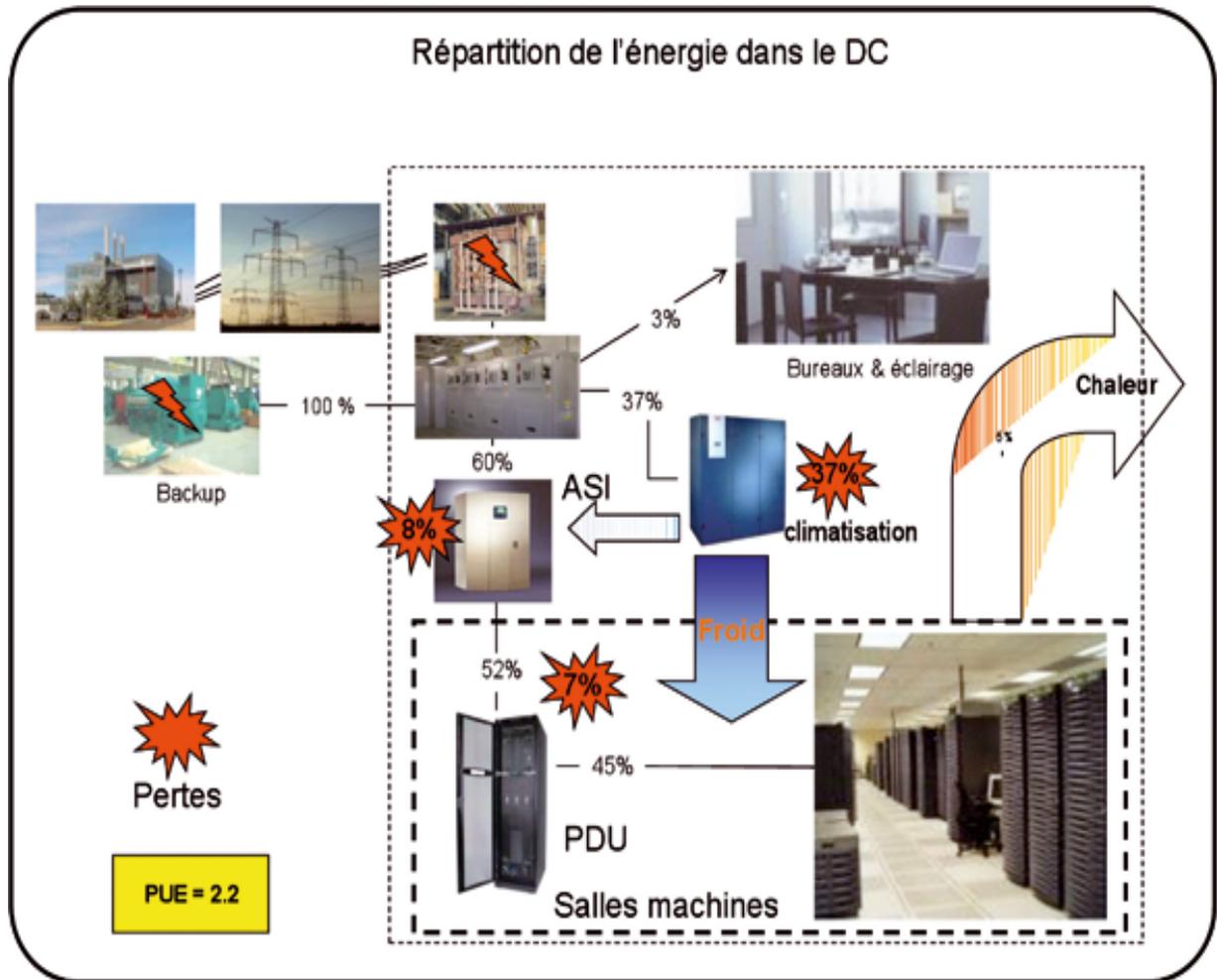


Figure 3: Répartition de la consommation électrique dans les Datacenter en 2009

II-3- Les Datacenters modulaires, et transportables

Les Datacenters modulaires sont des Datacenters en container présentant les mêmes critères de sécurité et de disponibilités que les Datacenters traditionnels. Aujourd'hui cette solution est celle qui est adoptée par les grands groupes tels que : IBM, Intel, AST, THOR DATA CENTER... Avec cette solution ces groupes ont pu atteindre des PUE compris entre 1.3 et 1.1 à travers des solutions innovantes sur le système de climatisation et l'alimentation électrique [8].



Figure 4: Exemple de Datacenter modulable

Nous savons que les performances d'un système de climatisation sont fonction des conditions climatiques. Il en est de même pour la qualité, la gestion, et la disponibilité de l'alimentation électrique du Datacenter, qui elles, sont fonction de la disponibilité du réseau électrique national.

De ce fait avant toute proposition de Datacenters pour l'Afrique, il est indispensable de connaître les contraintes et les besoins liés à l'exploitation des Datacenters africains.

III- CONFIGURATION DE DATACENTERS AU BURKINA FASO

L'hébergement des services informatiques en Afrique diffère de par leurs tailles à ceux d'Amérique ou d'Europe. Une étude menée en octobre 2009 par Hedera Technology [4] sur l'hébergement informatique en Afrique fait ressortir la taille générale des Datacenters en Afrique à travers le tableau ci-dessous.

Tableau 2: les principales caractéristiques des deux types d'ébergements informatiques en Afrique

	Taille de l'infrastructure	Localisation de l'infrastructure	Nombre d'employés	Type de service
Hébergeur artisanal	Moins de 5 serveurs	Occidental, local	1 ou 2	Tout type de service informatique
Hébergeur spécialisé	Entre 5 et 30 serveurs	serveurs Occidental	Entre 5 et 10	Hébergement Développement web

Au Burkina Faso, toutes les entreprises dont les besoins sont importants en termes de gestion de données disposent d'un Datacenter. La répartition des entreprises disposant de ces centres de traitement de données peut s'effectuer de la manière suivante : les banques, les entreprises Télécoms, les institutions gouvernementales.

Pour évaluer les configurations énergétiques, nous avons visité deux (02) Datacenters du Burkina localisés à Ouagadougou. Ces visites nous ont permis d'évaluer les indices de performances à travers les répartitions de puissances électriques et de consommations énergétiques relevées, mais aussi de connaître les contraintes externes liées à l'exploitation des Datacenters au Burkina.

III-1- LA CONFIGURATION ENERGETIQUE

Le tableau trois (3) présente la répartition de la puissance électrique dans les Datacenters visités. Ce tableau révèle une égalité entre la puissance des équipements informatiques et celle des appareils de climatisation.

Tableau 3: Répartition de la puissance électrique dans deux (02) Datacenters du Burkina Faso

Datacenter étudié	Puissance des équipements informatiques	Puissance électrique des équipements de climatisation (EER= 2,4)	Puissance de l'éclairage	Perte de puissance des onduleurs
TELECOM	28kW	30.5kW	1,38kW	6.5kW
BANQUE	26.4kW	22kW	0,9kW	4.8kW

La consommation énergétique de ces Datacenters est obtenue par rapport à un temps de fonctionnement correspondant de tiers II (confère tableau 1). Ce temps est affecté d'un coefficient de 0.85 pour les équipements de climatisation. Le tableau 4 donne les consommations en énergie électrique des différents équipements.

Tableau 4: Répartition de la consommation énergétique dans deux (02) Datacenters du Burkina Faso

Energie électrique consommée/an (MWh)	Equipements informatiques	Equipements de climatisation (EER= 2,4)	Eclairage	Onduleurs
TELECOM	245	227	3.6	57
BANQUE	227	186	2.6	42

La consommation énergétique des différents équipements des Datacenters, nous permet de déterminer les indices de performance PUE et DiCE.

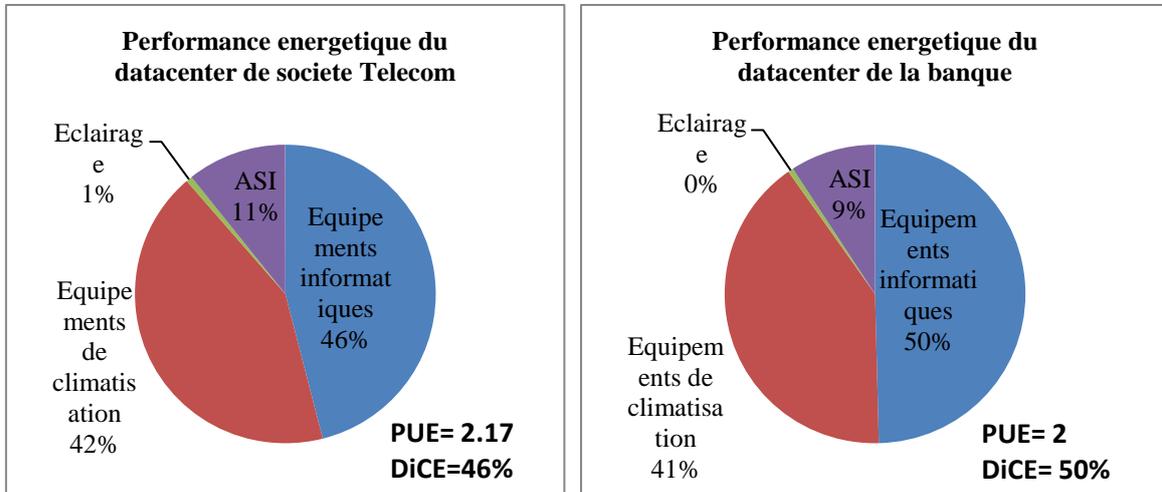


Figure 5: Indices de performance des Datacenters visités

Constatant que près de la moitié de la consommation en énergie électrique est destinée à la climatisation, nous avons effectué le bilan des apports de chaleur dans les Datacenters. Le résultat de ce bilan représenté sur la figure ci-dessous nous montre que 80% des apports sont dus aux baies informatiques.

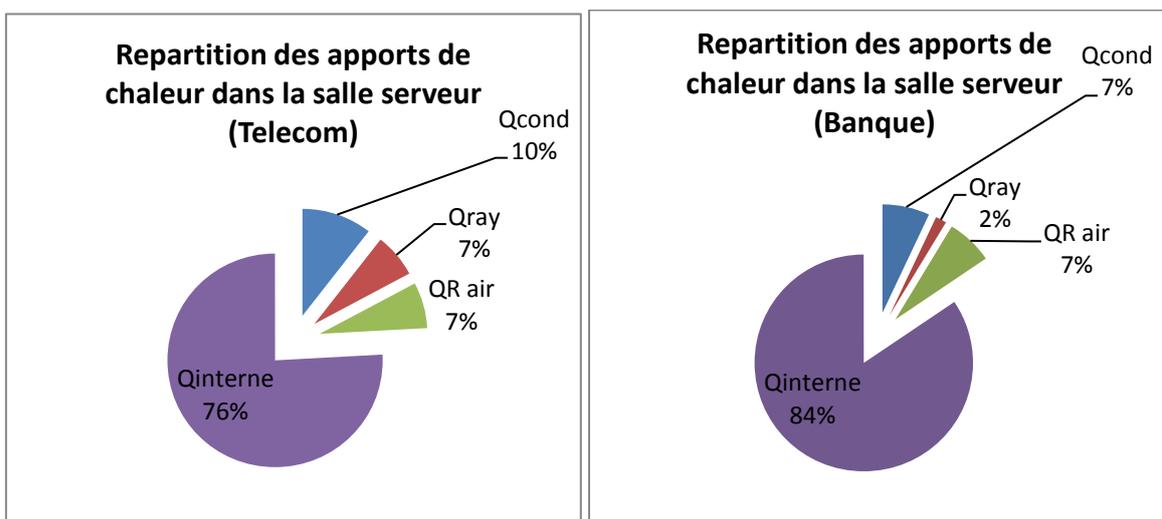


Figure 6: Bilans thermiques des différents apports de chaleur

III-2- Contraintes liées aux conditions environnementales

La figure ci dessous montre que les mois les plus chauds de l'année sont Avril, Mars et Mai ; pendant ces mois, l'air est moins humide. Les mois les plus humides sont Juillet, Août et Septembre.

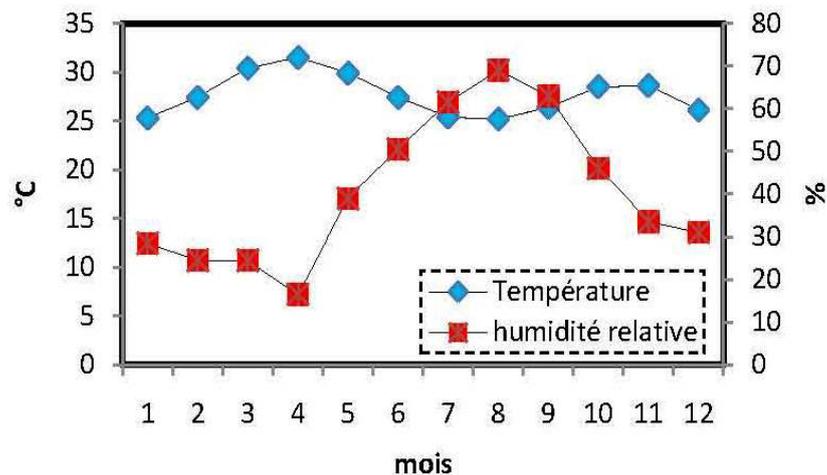


Figure 7: Température et humidité relative année 2009 de la ville de Ouagadougou [9]

Une autre contrainte climatique et non des moindres pour les Datacenters au Burkina est le taux de poussière.

Ces paramètres nous serviront énormément pour le choix des solutions applicables au Burkina Faso.

III-3- Données à retenir sur cette étude

De ces observations mentionnées plus haut, il ressort qu'aucune disposition particulière des baies informatiques n'est privilégiée dans les salles serveurs. Le PUE des Datacenters existants au Burkina est supérieur ou égale (\geq) 2. La puissance électrique consommée par les équipements de climatisation est sensiblement égale à celle alimentant les baies informatiques (45%). Les dégagements de chaleurs sont principalement dus aux serveurs informatiques, environ 80% d'apport de chaleur. Le nombre de baies par salle serveur correspond globalement à l'étude menée par Hadera Technology sur l'hébergement informatique en Afrique (tableau 2). La puissance unitaire des baies est de 6kW.

IV- ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DES SOLUTIONS D'OPTIMISATION

Le PUE des Datacenters visités au Burkina sont de l'ordre de 2,1. Certaines entreprises Américaines et Européennes ont pu atteindre un PUE de 1,1 sur leurs installations [8]. Le but de cette étude bibliographique est de répertorier les solutions qui ont été mises en œuvre pour atteindre un tel rendement. Cette étude servira aussi et surtout à dégager les solutions qui sont applicables, premièrement sur les Datacenters modulaires, et deuxièmement aux contraintes climatiques et économiques du Burkina Faso.

Le tableau ci-dessous résume tous les points importants permettant d'améliorer l'efficacité énergétique des Datacenters dans leurs globalités.

La répartition de la puissance électrique des Datacenters au Burkina présentée dans la deuxième partie, nous amène à centraliser nos recherches sur les points surlignés en rouge.

Sur la partie climatisation il s'agira d'analyser l'impact:

- des différentes classes de climatiseurs sur la consommation énergétique, de l'aménagement de la salle serveur ainsi que l'architecture de la distribution d'air sur la consommation énergétique,
- d'utilisation du free cooling,
- d'utilisation de la climatisation adiabatique.

Sur l'infrastructure électrique nous évaluerons également l'impact :

- du dimensionnement des équipements électriques sur la consommation d'énergie,
- d'un système de supervision de l'installation électrique sur la maîtrise, la sécurité et la disponibilité du système d'alimentation électrique.

Tableau 5: Solutions pour la réduction de la consommation énergétique dans les Datacenters dans leurs globalités

Domaines	Améliorations	Réduction directe de la consommation énergétique	Réduction de l'espace nécessaire	Réduction d'émission de chaleur	Réduction de la volumétrie de donnée	Optimisation énergétique	Achat de nouveaux matériels
Etapas préalables	Audit énergétique						
	Reporting et management énergétique						
	Acheter labélisé						
Infrastructure globale	Bien dimensionner l'infrastructure physique	X	X				
Refroidissement	Choisir des climatiseurs plus efficaces	X				X	
	Augmenter la taille des faux plafonds					X	
	Placer des dalles perforées					X	
	Installer des panneaux d'obturation de l'air					X	X
	Gérer les systèmes d'air conditionné					X	X
	Augmenter la température					X	
	Compartmenter allée chaude/allée froide					X	X
	free cooling	X					
	climatisation adiabatique	X					
	Water-cooling	X					
Infrastructure électrique	système d'éclairage efficace	X		X		X	X
	Equipements électriques plus efficace	X		X			
	Supervision de l'installation électrique					X	X
IT	Consolidation des serveurs	X	X	X			
	Processeur basse consommation	X		X			
	veille automatique des serveurs	X		X		X	
	Supprimer les serveurs Zombies		X	X			
	Fonctionnalités au niveau du stockage		X			X	X

IV-1- Les solutions d'optimisation du système de refroidissement

IV-1-1- L'aménagement de la salle serveur ainsi que l'architecture de la distribution d'air.

IV-1-1-1- Confinement en allée chaude/froide

La circulation de l'air est l'une des clés d'un bon système de refroidissement. Elle peut être améliorée par différents aspects, mais doit être réfléchi globalement, afin d'éviter des effets de bords.

Le système de confinement d'allée chaude est la principale action à mettre en œuvre [10]. Ce système confine une allée chaude pour collecter l'air chaud évacué des équipements informatiques, puis il le refroidit pour le mettre à disposition des entrées d'air des équipements informatiques.

Le brassage des flux d'air froid et d'air chaud dans le Datacenter réduit la disponibilité des équipements informatiques. En renvoyant aux climatiseurs de la salle informatique l'air le plus chaud possible, le rendement et la capacité du système s'en trouvent améliorés. Le système de confinement de l'allée chaude assure une distribution correcte de l'air en séparant totalement les voies d'air d'alimentation et d'air de retour [10].

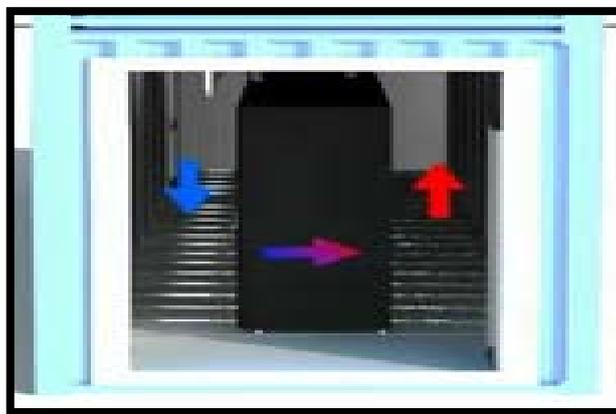


Figure 8: Confinement allée chaude/ allée froide dans un Datacenter modulaire.

IV-1-1-2- Centraliser la gestion d'air conditionné

Les Datacenters ont de multiples systèmes d'air conditionné qui ne travaillent pas dans le même sens. Certains peuvent chauffer pendant que d'autres refroidissent ou certains peuvent déshumidifier pendant que d'autres humidifient.

Le résultat est évidemment une perte importante. C'est pour cela que la gestion de ces systèmes doit avoir un système de management centralisé. De plus, beaucoup de systèmes offrent des options d'économiseurs, ceux-ci peuvent permettre d'économiser de l'énergie à certains moments, notamment dans des zones froides. Cependant, cette fonctionnalité est souvent désactivée par mauvaise connaissance du système [11].

IV-1-2- Le free-cooling

Un concept de plus en plus utilisé est le free cooling, ou refroidissement par l'air extérieur, qui utilise l'air extérieur pour refroidir les Datacenters. Par exemple, la société INTEL a mené une étude en 2008 en affirmant qu'elle pourrait économiser environ 67% de sa consommation d'énergie utilisée pour le refroidissement de ses Datacenters grâce à ce système [12]. Lorsque la température à l'extérieur du Datacenter se situe en-dessous de 10°C, celui-ci permet de soulager la climatisation classique (travaillant sur des températures de reprise) et donc de réduire sa consommation d'électricité.

Pour être intéressant, ce concept doit donc être implémenté dans des Datacenters situés dans des zones géographiques où les températures sont basses durant un nombre suffisant de jours [10].

La disposition des baies en allées froides/chaudes permet de renforcer l'effet free cooling. En effet la température reprise à l'arrière des baies se situant entre 37°C et 44°C permet d'augmenter le temps d'utilisation du free cooling.

IV-1-3- Les équipements à très haut rendement

Le choix judicieux de la catégorie permet de choisir la technologie présentant la plus faible consommation énergétique dans chaque plage de puissance des besoins en climatisation.

Le tableau suivant nous donne des indications pour un choix optimal des climatiseurs à compression :

Tableau 6: différentes classes d'efficacités des climatiseurs à compression [12]

Classe d'efficacité énergétique (refroidissement)	Refroidissement par air	Refroidissement par eau	Condenseur a distance
A	$EER \geq 3,1$	$EER \geq 5,05$	$EER \geq 3,55$
B	$2,9 \leq EER < 3,1$	$4,65 \leq EER < 5,05$	$3,4 \leq EER < 3,55$
C	$2,7 \leq EER < 2,9$	$4,25 \leq EER < 4,65$	$3,25 \leq EER < 3,4$
D	$2,5 \leq EER < 2,7$	$3,85 \leq EER < 4,25$	$3,1 \leq EER < 3,25$
E	$2,3 \leq EER < 2,5$	$3,45 \leq EER < 3,85$	$2,95 \leq EER < 3,1$
F	$2,1 \leq EER < 2,3$	$3,05 \leq EER < 3,45$	$2,8 \leq EER < 2,95$
G	$EER < 2,1$	$EER < 3,05$	$EER < 2,8$

Prenons l'exemple de la salle informatique de la société Telecom dont le système de refroidissement consommait 227MWh l'an avec des climatiseurs d'un EER - Energy Efficiency Ratio (coefficient d'efficacité frigorifique) de 2,4. L'utilisation de climatiseurs plus efficaces avec un EER de 3, abouterait à une économie de 45MWh/an.

IV-1-4- Les solutions technologiques par climatisation adiabatique

IV-1-4-1-Le principe de la climatisation adiabatique

La climatisation adiabatique est un système de refroidissement d'air à travers son humidification. Ce système est très efficace pour les zones très chaudes ou à hygrométries très faibles.

La climatisation adiabatique permet d'atteindre des puissances de refroidissement de 70kW en ne consommant rien que 1,5kWelectrique [13].

Incontestablement elle est la solution la plus exploitée et étudiée aujourd'hui pour optimiser le système de climatisation des Datacenters. En effet l'aménagement des baies en allée chaude et froide permet de récupérer l'air jusqu'à 45°C, offrant d'énormes potentialités d'économies d'énergies électriques par refroidissement adiabatique. Presque tous les constructeurs de Datacenter (ATS, IBM, SUN, SGI, APC,...) exploitent ou étudient actuellement cette solution [8].

IV-1-4-2- La solution d'AST Modular

L'entreprise AST a su intégrer le confinement en allée chaude, et une climatisation à 100% free cooling à l'aide d'une climatisation adiabatique. Cette solution n'utilise aucun climatiseur à compression.

L'air chaud repris à 45°C est refroidit indirectement à 25°C par un refroidissement adiabatique par l'entremise d'un échangeur à plaque air-air.

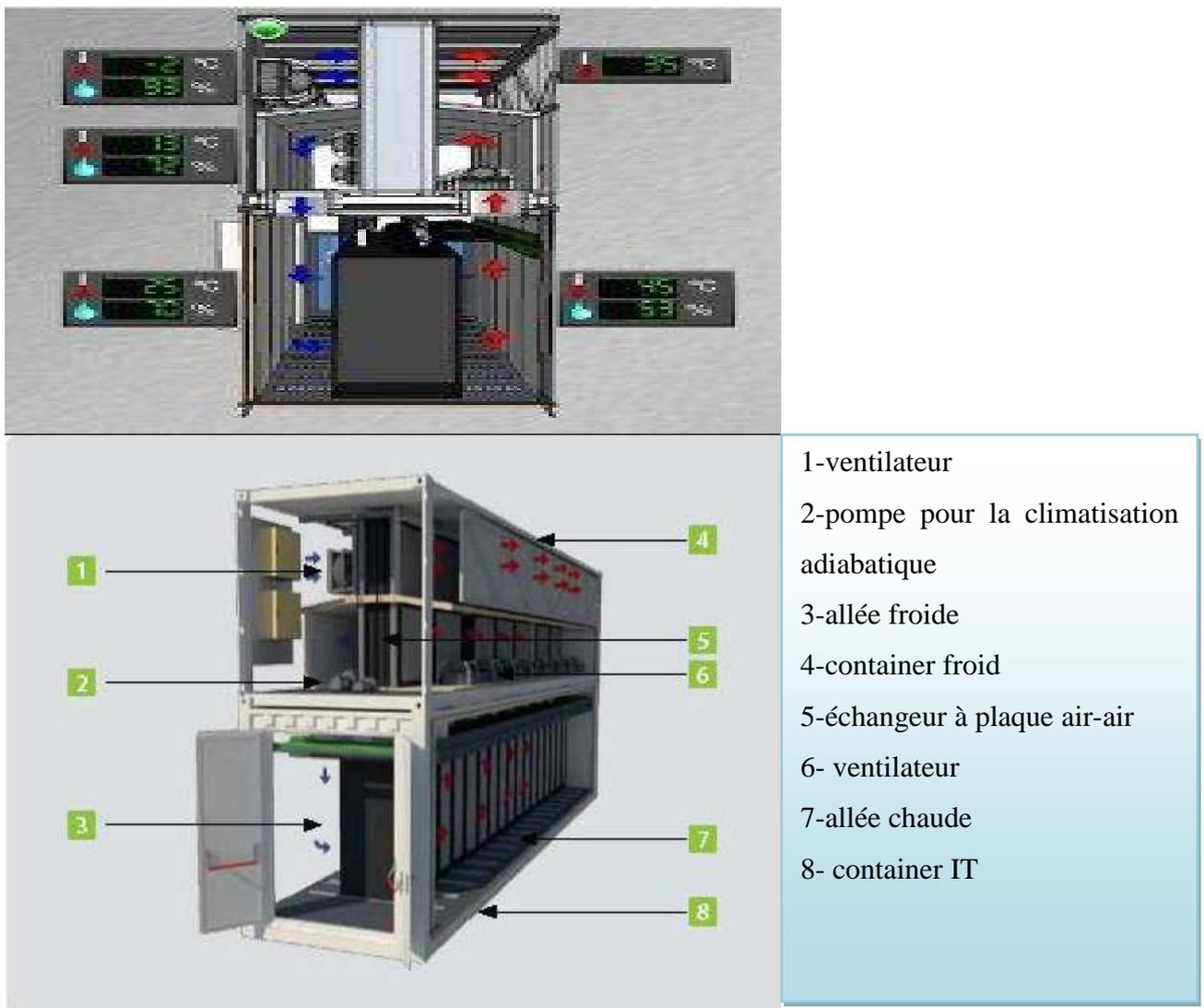


Figure 9: Solution par climatisation Adiabatique d' ATS MODULAR

Cette solution a permis à l'entreprise AST modular d'atteindre un PUE de 1,07, et d'effectuer ainsi des économies financières de 55% par rapport au système traditionnel en Europe [8]. Cette solution est également utilisée par IBM sur ces Datacenters [8]

Mais cette solution ne peut s'appliquer à l'identique dans les conditions climatiques du Burkina. En effet le 100% free cooling par climatisation adiabatique ne peut fonctionner au Burkina que pendant les mois de décembre, janvier et février, pour le reste de l'année il doit être associé à d'autres technologies de climatisations pour respecter les exigences de température et d'hygrométrie du Datacenter. Dans les mois de mars, avril, mai, bien que l'hygrométrie soit très faible environ 20% (confère figure 7), les températures de 43 °C ne permettent pas à la climatisation adiabatique de ventiler à 26 °C. Le problème se pose également pour les mois de juin, juillet, aout avec des hygrométries avoisinant les 70%.

Cette solution est aussi inapplicable à l'identique à nos Datacenters au vu de leur taille. En effet, la taille des systèmes de climatisation sont différentes, car la moyenne de baies présentes dans les salles IT du Burkina est de 6baies contre 15baies à 20baies dans les conteneurs proposées ci-dessus.

IV-1-4-3- La solution ADIA CENTER de COOLEA

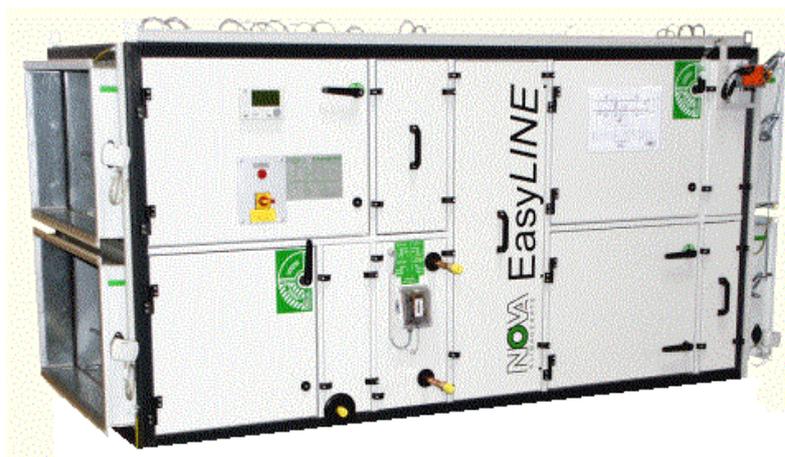


Figure 10: La solution innovante de COOLEA [13]

L'ADIA CENTER est une unité de traitement d'air spécialement conçue pour les Datacenters. Elle est équipée d'un récupérateur d'énergie à roue et d'un système de rafraîchissement d'air par évaporation couplé à une batterie froide. Cette configuration

associée à une régulation performante permet de limiter la puissance nécessaire au niveau de la batterie froide ainsi que le temps de fonctionnement de celle-ci.

Cette solution nous semble la plus adéquate pour le système de climatisation du SIREA Datacenter.

Mais elle n'est disponible qu'à partir de 104kW froid, trop grand pour nos centres de traitement de données.

IV-2- LA SOLUTION D'OPTIMISATION DE L'ALIMENTATION ELECTRIQUE

IV-2-1- Optimisation par le dimensionnement

Les pertes énergétiques dues à l'alimentation électrique dans les Datacenters du Burkina sont de 12%. Ces pertes sont essentiellement dues au rendement de l'onduleur.

Mais il est à signaler que ce pourcentage de perte n'est vrai que si le Datacenter fonctionne à la puissance nominale des équipements électriques.

L'optimisation énergétique du système d'alimentation des Datacenters s'effectue principalement sur le dimensionnement des équipements [14]. En effet la criticité de l'application destinée aux Datacenters est le plus souvent la cause du surdimensionnement du système d'alimentation électrique.

Mais au fur à mesure que la charge diminue, la consommation électrique interne de l'onduleur devient une fraction croissante de la puissance totale, ce qui réduit le pourcentage d'efficacité. Cet effet est dû à la partie sans charge de la perte, qui reste identique quelle que soit la charge. La figure 11 représente les pertes que l'on rencontre lors d'un surdimensionnement de l'onduleur [15].

Prenons une fois de plus l'exemple de la salle informatique de la société Telecom qui absorbait une puissance de 30KW. Pour des raisons de sécurité l'onduleur est surdimensionné pour fonctionner à 50% de sa charge nominale. Le rendement de l'onduleur pour ce taux de charge est de 86%. Les pertes financières de cet onduleur sur 10 ans sont de 138 millions de FCFA par rapport au choix d'un onduleur chargé à 80%. Cet exemple montre les énormes économies énergétiques et financières réalisables si nous parvenons à bien dimensionner l'onduleur

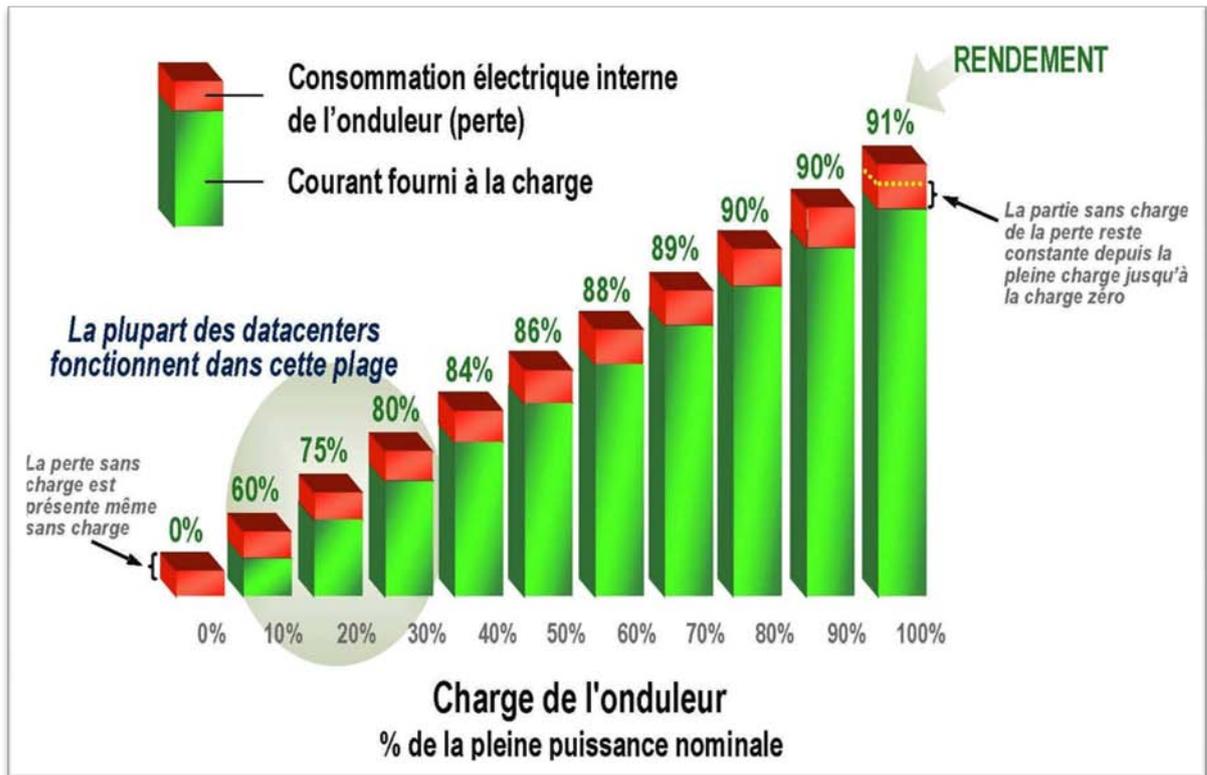


Figure 11: Pertes énergétiques liées au surdimensionnement de l'onduleur [14]

IV-2-2- Solution pour la maîtrise, la qualité et la disponibilité électrique

Le tableau 7 donne les différentes solutions pour apporter des améliorations sur le système de distribution électrique, solutions présentées par Schneider Electric dans son guide de l'installation électrique 2009, chapitre K efficacité énergétique de la distribution électrique.

Notre but étant d'assurer une grande fiabilité et une disponibilité du Datacenter, les solutions qui se dégagent sont :

- d'établir une bonne configuration des circuits
- de disposer d'un générateur d'appoint
- de disposer d'un Dispositif d'alimentation sans coupure
- de disposer d'une Architecture centralisée générale

Ces quatre points font partie des spécialités de notre structure d'accueil, ces solutions seront appliquées à SIREA Datacenter pour la garantie de la fiabilité de l'alimentation électrique une fois l'architecture établie.

Tableau 7: Cartographie des solutions pour assurer la disponibilité des réseaux électriques [16]

	Economies d'énergie	Optimisation du coût	Disponibilité et fiabilité
Commandes à vitesse variable	• • •	•	•
Moteurs et transformateurs haute performance	• • •		
Alimentation des moteurs MT	• • •		
Correction de facteur de puissance	•	• • •	
Gestion des harmoniques	•	• •	•
Configuration des circuits			• • •
Générateurs d'appoint		• •	• • •
Dispositifs d'alimentation sans coupure (voir la page N11)			• • •
Démarrages en douceur	•	•	• • •
Démarrages en douceur			• • •
IMCC		• •	• •
Architecture basée sur un équipement intelligent Niveau 1	• •	•	
Architecture centralisée spécialisée pour électriciens Niveau 2	• • •	• •	•
Architecture centralisée générale conventionnelle Niveau 3	•	• •	• • •

Fig. K27 : Cartographie des solutions

IV-3- Tableau de synthèse des solutions abordées

Le tableau ci-dessous récapitule les avantages, les obstacles des différentes voies d'optimisation, et de sécurisation énergétique pour notre Datacenter.

SOLUTIONS ET OPTIMISATION ENERGETIQUE POUR L'ALIMENTATION ELECTRIQUE DES DATACENTERS EN AFRIQUE

Tableau 8: récapitulatif des solutions d'optimisations énergétiques pour Datacenter soumis aux contraintes Africaines

voie d'optimisation	description de la technique	Principaux avantages	principaux obstacles	applicabilité aux conditions Sirea
amélioration de l'aménagement de la salle serveur	réduction du volume de la salle, aménagement allée froide, régulation de la ventilation des racks	permet un meilleur refroidissement des serveurs Indispensable pour l'application de certaines solutions	Néants	élevée
modification du système de climatisation	changer la classe d'efficacité des climatiseurs	mise en œuvre facile	Coût d'acquisition élevé	élevée
	Free cooling	la solution la moins consommatrice d'énergie	limité dans les régions chaudes et poussiéreuses	moyenne
	Climatisation adiabatique seule	applicable aux pays chauds et secs	Hygrométrie et taux de poussière	moyenne
	Climatisation adiabatique et climatisation compressif	applicable aux pays chauds et secs	Régulation	élevée
Eviter le surdimensionnement des équipements	Equipements bien dimensionnés	mise en œuvre facile	Néants	élevée
système de gestion technique centralisée	Mesures, Automatisation	connaissance réelle et précise de l'efficacité de l'installation	coût d'acquisition élevé et exige du personnel qualifié	élevée

V- LES SOLUTIONS OPTIMISATIONS DE SIERA DATACENTER

V-1- présentation générale de la solution

Nous avons établi la configuration suivante du Datacenter permettant d'intégrer nos solutions :

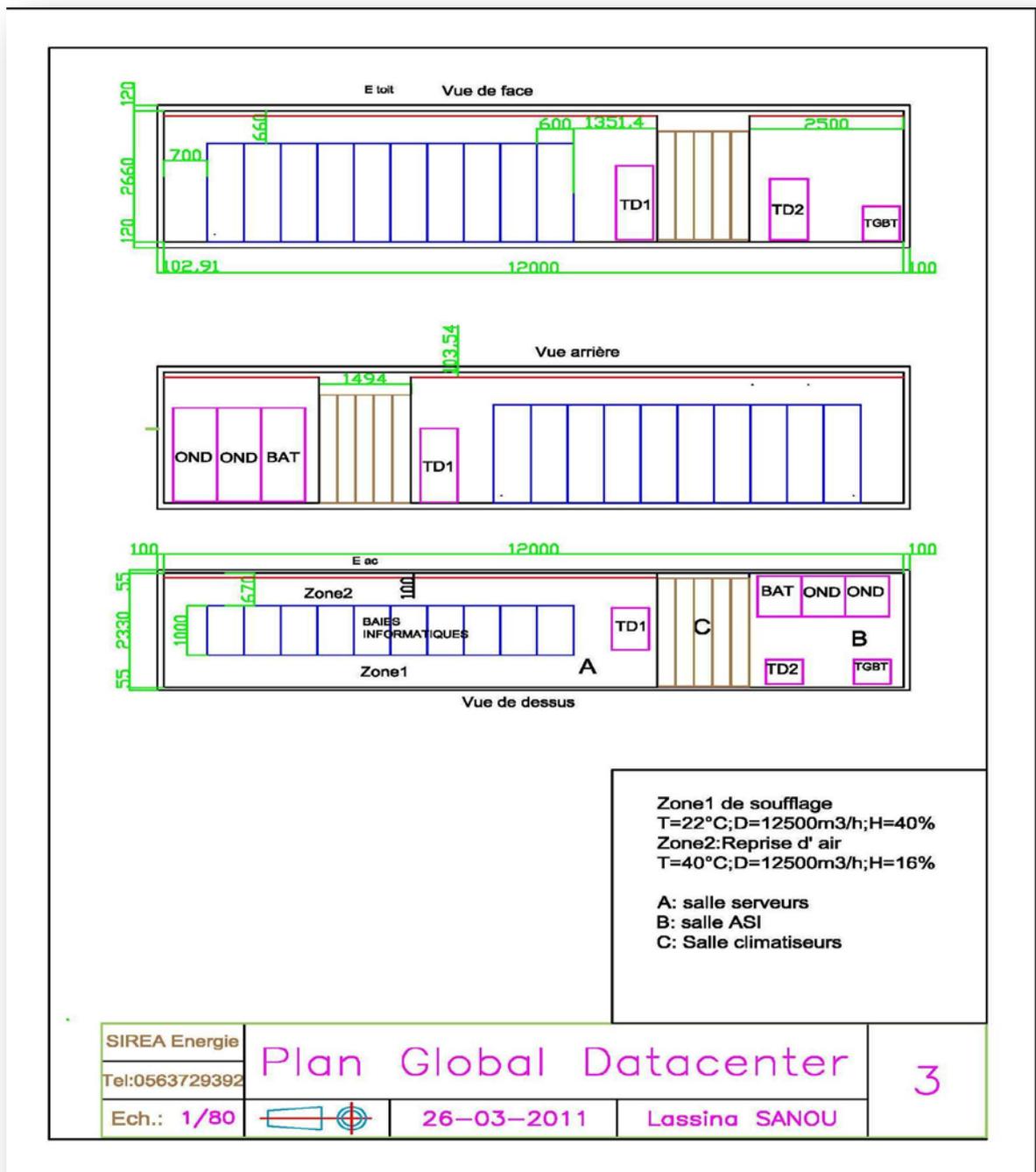


Figure 12: Plan global du Datacenter SIERA

Le local utilisé est un container 40 pieds, compartimenté en trois enceintes destinées à contenir : les équipements informatiques, les équipements électriques, l'échangeur air-air.

- Le nombre de baies dans le Datacenter varie entre 4 à 10 baies, rangées en allée froide et chaude. La puissance maximale de chaque baie est de 6kW.
- Notre solution pour l'optimisation de la climatisation est constituée :

D'un climatiseur adiabatique et d'un climatiseur compressif

D'un échangeur air-air

De deux récupérateurs de chaleur : un sur le toit et l'autre sur la paroi « allée chaude » du Datacenter

- La solution pour la maîtrise, la disponibilité et l'optimisation de l'alimentation électrique s'effectue à travers l'application de la GTC (Gestion Technique Centralisée) et un dimensionnement approprié des équipements électriques du Datacenter. Notre système d'alimentation électrique se compose :

Un TGBT (Tableau General Base Tension)

Des onduleurs

Des stockages pour batteries

Deux Tableaux Divisionnaires TD1 et TD2

Un système de monitoring à distance

V-2- Présentation des solutions apportées sur le système de climatisation

V-2-1- Description

L'alignement en allée chaude et en allée froide permet d'avoir une température élevée de l'air repris à l'arrière des baies entre 37°C et 44°C. Cet air est refroidi principalement par un climatiseur adiabatique par l'entremise d'un échangeur à plaque air-air.

En fonction de la température extérieure et de l'hygrométrie extérieure, la capacité de refroidissement du climatiseur adiabatique varie et nous avons ainsi une température de retour de l'air dans le climatiseur compressif qui varie entre 26°C et 37°C. Quant à l'air soufflé par le climatiseur adiabatique il sort de l'échangeur avec une température variant entre 20°C et 35°C. Ce dernier étant toujours assez frais passe à travers les parois arrières

et supérieures du Datacenter pour servir à la fois d'isolation contre les apports solaires et aussi de récupérateur de chaleur dans l'allée chaude.

Ce procédé est semblable à celui utilisé dans les centrales thermiques pour la récupération de la chaleur sur la vapeur à sa sortie de la turbine.

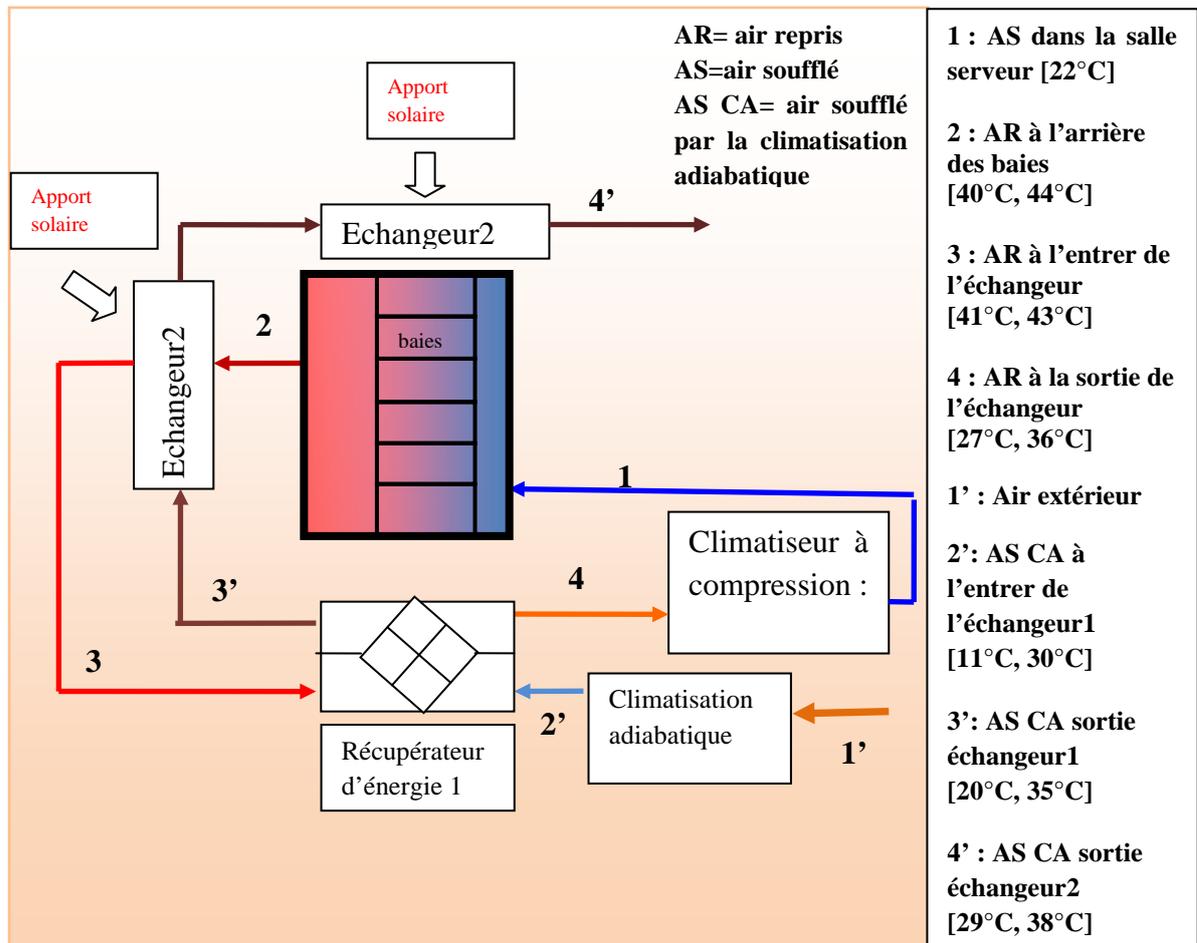


Figure 13: Principe de fonctionnement de solution pour l'optimisation du système de climatisation

On remarque qu'il n'y a aucun contact entre l'air extérieur et l'air refroidissant le Datacenter. Cette caractéristique est très importante, car comme nous l'avons évoqué au II, la poussière est un paramètre particulièrement surveillé dans les Datacenters. Notre solution permet d'effectuer du free cooling dans un environnement très poussiéreux sans compromettre l'intégrité du Datacenter.

V-2-2- Détermination des équipements

Pour évaluer les puissances des climatiseurs à mettre en place, nous nous sommes mis dans le cas où le nombre de baies dans le Datacenter serait de six (06). De cette charge nous avons effectué le bilan thermique du Datacenter en tenant compte des apports solaires, des apports par conduction et des infiltrations d'air présentés au tableau 9 [16]. Ensuite nous avons considéré deux scénarii de fonctionnement :

le premier en considérant les conditions extérieures les plus défavorables pour la climatisation,

le deuxième en considérant les conditions extérieures les plus favorables pour la climatisation adiabatique.

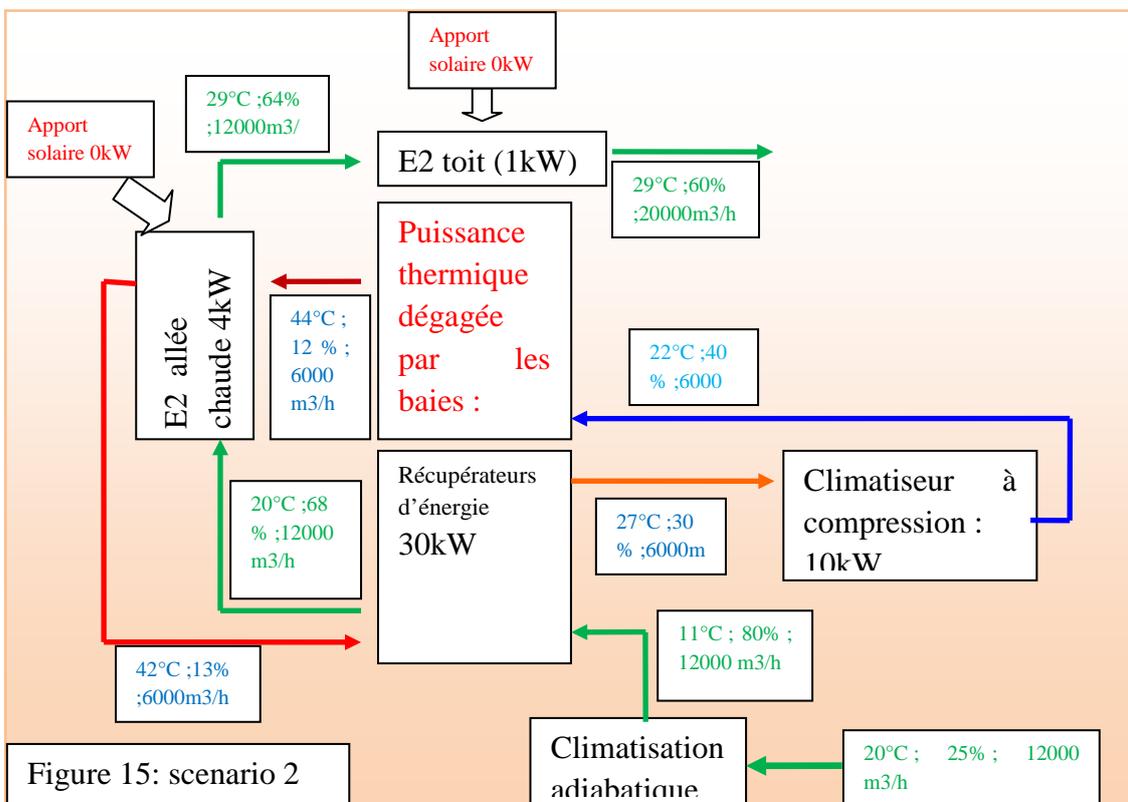
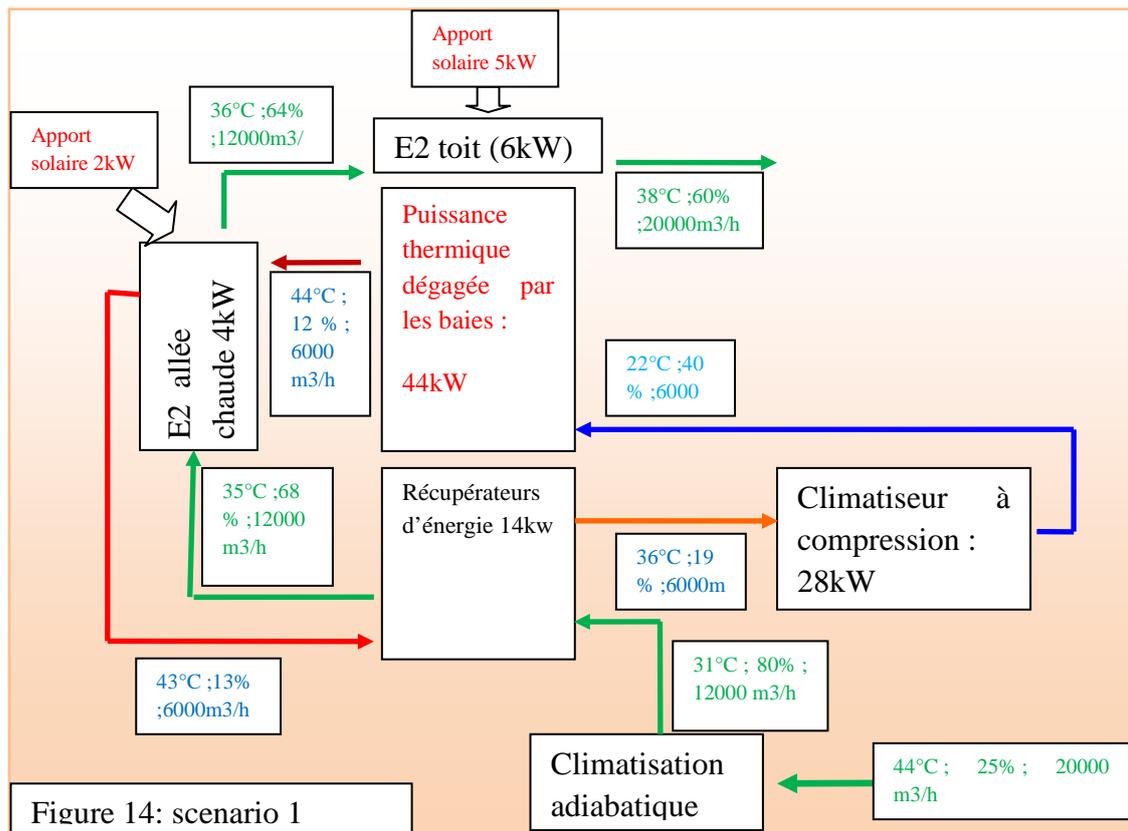
Ces deux points de fonctionnement ont été obtenus sur le tableau 10 représentant les températures et les hygrométries moyennes suivant les tranches d'heures 7h-19h et 19h-7h. Les figures (14) et (15) représentent ces deux scénarii.

Tableau 9: Récapitulatif du bilan thermique du Datacenter modulable de six (06) baies

Apport	Puissance (kW)
Q conduction	4,1
Q rayonnement	3,7
Q renouvellement d'air	2,75
Q Interne (Baies, onduleurs, éclairages, personnes)	40,2
Total	50,75

Tableau 10: Températures et hygrométries moyennes suivant les tranches d'heures 7h-19h et 19h-7h

	Décembre-Janvier-Février		Mars-Avril-Mai		Juin-Juillet-Aout		Septembre-Octobre-Novembre	
	T°C	H %	T°C	H %	T°C	H %	T°C	H %
7h-19h	30	20	43	35	38	65	40	38
19h-7h	20	25	32	38	23	70	26	40



Les deux scenarii nous permettent de faire un bon choix du climatiseur à compression. En effet comme la puissance thermique à dissiper par ce climatiseur passe de 30 à 10 kW selon les conditions extérieures, il est judicieux de disposer de deux climatiseurs à compression de 16kW chacun, au lieu d'un de 32 kW. Ainsi en fonction de la situation, on fonctionne avec un seul climatiseur de 16 kW. Le rendement ainsi que la durée de vie du climatiseur sont améliorés par rapport au choix du 32kW en unique.

Cela nous à conduit à faire le choix des climatiseurs suivants :

Tableau 11: Puissances et coûts des climatiseurs

Désignation	Caractéristiques	Nombre	Prix unitaire (FCFA)	Prix total(FCFA)
Carrier 30RBY 017	6kW électrique 16kWfroid	2	5707200	11414400
ADIABOX 16.000	1,5kW électrique 75kWfroid	1	3500000	3500000
Power Box 95 - sans batterie - Vertical - régulé	0,5kW électrique, efficacité sèche dans nos conditions d'utilisations : 65%	1	4592000	4592000
Total				19506400

En annexe ce trouve les caractéristiques des climatiseurs et de l'échangeur.

V-2- Présentation de solution pour la maitrise et l'optimisation énergétique de l'alimentation électrique du Datacenter

V-2-1-Détermination des caractéristiques du réseau électrique

La maîtrise, la qualité et la disponibilité de l'alimentation électrique des baies, passent par un dimensionnement adapté à la charge et la mise en place d'un système de Gestion Technique Centralisée. Pour ce faire, nous avons inventorié les équipements consommateurs d'énergie électrique pour établir par la suite le schéma unifilaire (Annexe) et le bilan de puissance de l'installation(Annexe) en accord avec les prescriptions d'APC pour le dimensionnement de l'alimentation électrique des Datacenter [17].

Tableau 12: Inventaire des appareils électriques du Datacenter

Systeme	Type	Caractéristiques	Quantité
Climatisation	Compressif	Carrier 30RB 017-033 unité Froid seul : 6kWelec;cosp:0,85	2
	adiabatique	Breezair; 1,36kW,cosp:0,85;Mono 230 V / 50 Hz	1
	Ventilateur de l'échangeur (Power Box 95)	1kW; cosp:0,85;Mono 230 V / 50 Hz	1
Prise	Salle serveur	Prise 2P+T 16A - 220V	3
	salle ASI	Prise 2P+T 16A - 220V, 32A-380V	3mono, 1tri
Eclairage	salle serveur	Tube fluorescent 2 x 36W, cos ϕ = 0,86 120cm	8
	salle ASI	Tube fluorescent 2 x 36W, cos ϕ = 0,86 120cm	2
Contrôle et sécurité	gestion	(à voir) estimation 200W	1
	sécurité	FM200; 7,8W	2
Alimentation Sans Interruption	Onduleur	Rendement à 50% de charge (%) 91,5 Rendement à 100% de charge (%) 93 THDI avec filtre THM < 4%	2
	Batterie	In sans batterie 49A, In avec batterie en début de recharge 53 A	1
Baies		4 x (200-250 VAC) 4x10A	6

V-2-2- Cahier de charge pour la Gestion Technique Centralisée

Pour assurer le suivi et la maîtrise de l'installation électrique, le choix s'est porté sur la solution μ VIEW ENERGIE.

μ VIEW ENERGIE permettra de :

- ❖ communiquer avec l'inverseur de source (inverseur automatique Schneider)
- ❖ communiquer avec le climatiseur adiabatique (Adiabox de COOLEA)
- ❖ communiquer avec le climatiseur à compression (30RB-017CH de Carrier)
- ❖ communiquer avec l'onduleur (ASI MGE™ Galaxy™ PW d'APC)
- ❖ communiquer avec le groupe électrogène
- ❖ communiquer avec le système de monitoring des baies (monitoring de Conteg)
- ❖ Communication avec le système incendie (FM200)
- ❖ Communication avec le système de contrôle d'accès (système ACS de Conteg)
- ❖ lire les paramètres électriques arrivée réseau normal (100A ; 400V)
- ❖ lire les paramètres électriques arrivée réseau secouru (100A ; 400V)
- ❖ lire les paramètres électriques départ Tableau Divisionnaire2 (55A ; 400V)
- ❖ lire les paramètres électriques départ Tableau Divisionnaire1 (60A ; 400V)
- ❖ lire les paramètres électriques départ Besoins Généraux (41A ; 400V)
- ❖ lire les paramètres électriques départ climatisation à compression (10 ; 400V) x2
- ❖ lire les paramètres électriques départ climatisation Adiabatique (8A ; 230V)
- ❖ lire les paramètres électriques arrivée Tableau Divisionnaire1 (53A ; 400V)
- ❖ lire les paramètres électriques départ baies (28A ; 230V) x6
- ❖ lire les paramètres électriques départ circuit de commande (2A ; 230V)

La figure 16 illustre la topologie de supervision de l'alimentation électrique du Datacenter par μ VIEW ENERGIE.

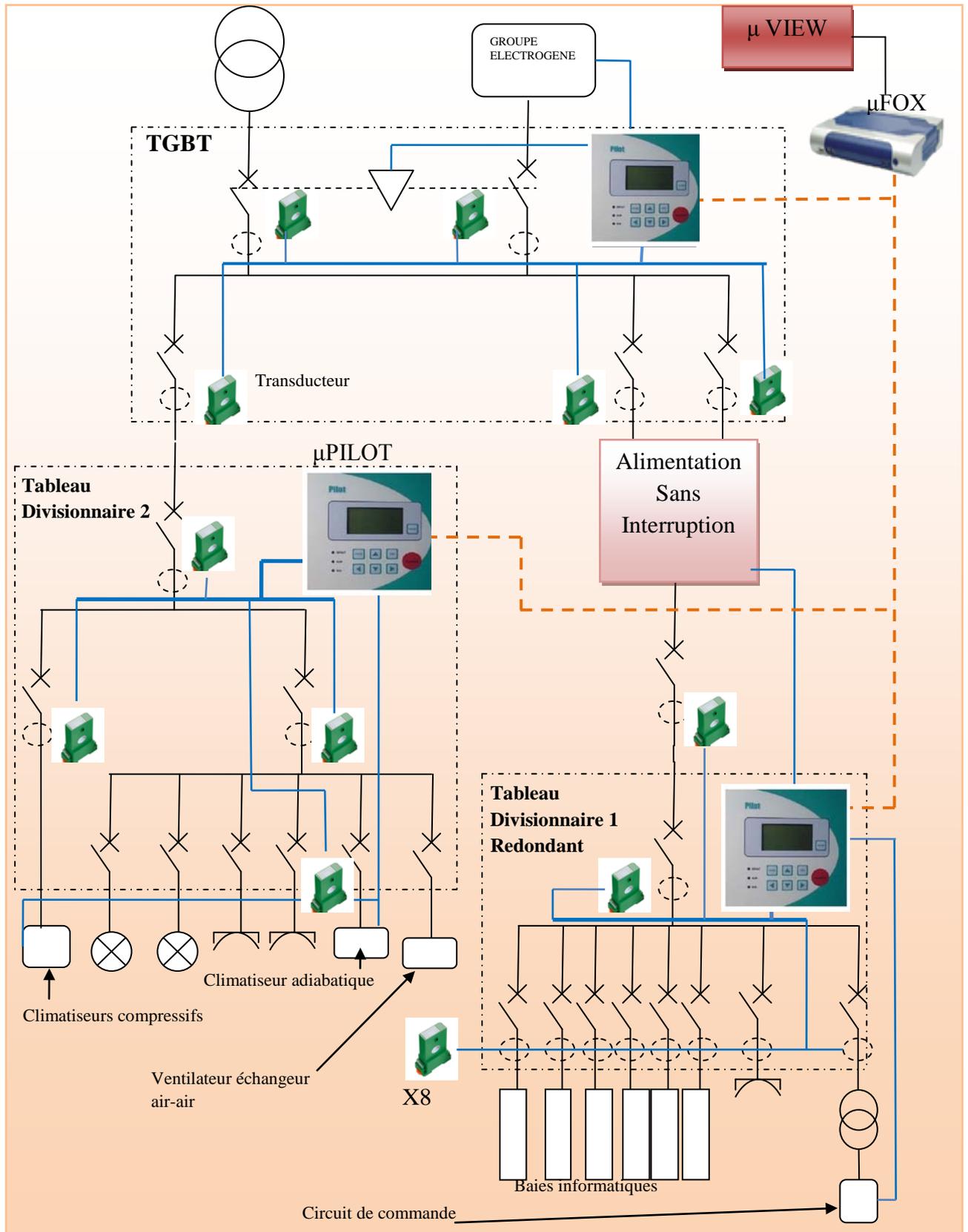


Figure 16: Synoptique de la Gestion Technique Centralisée « μ VIEW ENERGIE » pour Datacenter

Elle permet de rassembler et d'historiser les mesures afin de :

- contrôler et réduire les consommations énergétiques,
- surveiller et analyser l'utilisation de l'énergie,
- gérer et optimiser les coûts énergétiques.

V-2-3- Présentation et Coût du matériel de supervision

Les caractéristiques du matériel sont présentes à l'annexe.

Le tableau 13 nous donne le coût des équipements nécessaire à la mise en place du système de supervision du Datacenter. Les coûts liés à la programmation ne font pas partie de cette estimation financière.

Tableau 13: Coût du matériel de supervision

Coût de la Gestion Technique Centralisée (FCFA)				
Désignation	caractéristique	Nb	Prix Unitaire	Prix Total
μ Fox		1	1180800	1180800
μ pilot		3	524800	1574400
Transducteur	42B (80A)	5	188928	944640
	12B (80A)	8	108896	871168
	32B (80A)	1	159408	159408
	42B (100A)	2	254528	509056
Total				5239472
Hors coût du programme				

VI- DISCUTIONS ET ANALYSES

VI-1- Consommation énergétique de la solution proposée

L'objectif visé par cette étude étant d'enregistrer des économies d'énergies et financières, une évaluation de ces paramètres s'impose.

Le tableau 14 nous donne les écarts de température entre l'air repris dans l'allée chaude et l'air soufflé par le climatiseur adiabatique. Les Ecarts sélectionnés illustrent les écarts par rapport aux températures du tableau 10. On constate que ces écarts son assez grands, et nous peuvent nous permettre d'effectuer des économies d'énergies assez conséquentes.

Tableau 14: Ecarts de température entre l'air repris dans la salle serveur et l'air soufflé par le climatiseur adiabatique.

		Température extérieure							
		15	20	25	30	35	40	45	50
hygrométrie extérieure	10	36	33	29	27	24	21	18	16
	15	35	32	28	26	23	19	16	14
	20	34	31	27	24	21	18	13	11
	25	33	30	26	23	19	17	12	9
	30	32	29	25	22	18	15	10	7
	35	32	28	24	21	17	13	8	4
	40	31	27	23	19	15	11	7	4
	45	30	27	22	18	14	10	6	4
	50	29	26	22	17	13	9	5	4
	55	29	26	21	16	12	7	4	4
	60	28	25	20	15	11	6	3	4
	65	28	24	19	14	9	5	2	4
	70	28	23	18	14	8	4	1	4
	75	27	23	18	13	8	3	4	4
	80	27	22	17	12	7	2	4	4

	Dec-Jan-Fev
	Ma-Avr-Mai
	Juin-Juil-Aau
	Sept-Oct-Nov

Le tableau 15 représente le récapitulatif des consommations énergétiques totales et partielles de chaque équipement du système de climatisation. Le calcul de ce tableau s'est basé sur les écarts de température entre les températures de l'air repris dans la salle serveur et les températures de soufflages du climatiseur adiabatique représentés sur le tableau 14 ci-dessus.

Tableau 15: consommation d'eau et d'énergie électrique du système de climatisation

	Décembre-janvier-février	Mars-Avril-Mai	juin-juillet-Aout	septembre-octobre-novembre
	$\Delta T^{\circ}\text{C}$	$\Delta T^{\circ}\text{C}$	$\Delta T^{\circ}\text{C}$	$\Delta T^{\circ}\text{C}$
7h-19h	24	8	12	11
19h-7h	30	19	20	23
Capacité de refroidissement du climatiseur adiabatique (kW) à 12000m³/h sur l'air repris à 42°C				
7h-19h	77,76	25,92	38,88	35,64
19h-7h	97,2	61,56	64,8	74,52
Température de l'air repris dans la salle Serveur à la sortie de l'échangeur à plaque				
	30	37	35	35
	30	30	30	30
Puissance thermique récupérée par 1,5kW elec de climatisation adiabatique				
	21,024	8,76	12,264	12,264
	21,024	21,024	21,024	21,024
Puissance thermique évacuée par climatisation à compression (kW)				
	14	27	23	23
	14	14	14	14
Energie électrique totale consommée kWhelec				
	8280	12696	12696	10488
	8280	8280	8280	8280
	77280			
Consommation d'eau annuelle (m³)				
	613,2			

VI-2- Comparaisons avec le système de climatisation existant

En prenant le coût du kWh égal à 140FCFA et celui du m³ d'eau à 250FCFA, nous avons établi un tableau comparatif. Il fait ressortir les différents coûts liés aux consommations d'énergie électrique et d'eau aussi bien pour la solution proposée que pour les Datacenters visités au Burkina.

Tableau 16: Tableau comparatif de la solution proposée par rapport à celle appliquée actuellement au Burkina

	Consommation d'énergie électrique (kWh)	Consommation d'eau (m3)	Coût d'acquisition (FCFA)	coûts (FCFA)	
				sur un an	sur 10 ans
Système existant	174762	0	4920000	24466680	244666800
Solution proposée	77280	613,2	19506400	10972500	109725000
Solution existante - solution proposée	97 482	-613,2	-14 586 400	13 500 312	135 003 120

Plus cher à l'installation avec 14 millions de surcoûts, l'investissement est très vite amorti sur un peu plus d'un an pour une durée de vie estimée à 10ans. Le coût des hydrocarbures étant également en perpétuelle augmentation, les gains économiques s'en verraient améliorer.

Le PUE de l'installation dans ce cas de figure est de 1,5 contre 2 avant la mise en place de la solution proposée. On est encore loin des 1,07 obtenus par ATS MODULAR sur certaines de ces installations. Cela est principalement du aux conditions d'utilisations : - 15°C à certaines périodes pour leur installation, contre 18°C minimum au Burkina. L'expérience dans le ce domaine contribue également à cette différence au niveau du PUE.

VI-2-3- Avantage de la Gestion Technique Centralisée

L'optimisation de tout système passe par la collecte de données fiables et précises. De ce fait ce système μ VIEW ENERGIE, nous permettra d'identifier et de réduire les pertes électriques et augmenter la durée de vie des équipements à travers la mesure et l'éventuelle correction du facteur de puissance et du taux d'harmoniques. En effet lorsque la tension d'alimentation présente un taux de distorsion voisin de 10 %, la durée de vie des appareils est réduite de manière sensible ; estimée à 30 % pour les machines monophasées, 15 % pour les machines triphasées, 5 % pour les transformateurs [15].

VII- CONCLUSION

La consommation énergétique des centres de traitement de données est devenue aux cours des ans, l'un des problèmes majeurs en termes d'efficacité énergétique. Leurs caractères critiques à travers le traitement des données, couplé avec l'utilisation d'équipements électroniques sensibles à la chaleur mais en dégageant énormément, les rendent très énergétivores. Mais les coûts de gestion énergétique de plus en plus croissants et les enjeux environnementaux liés à cette inefficacité énergétique a contraint les gestionnaires de Datacenter et entrepreneur à trouver des solutions. L'Afrique n'étant pas en reste face à ce problème, nous avons mené une étude sur les solutions d'optimisation énergétique et de sécurisation de l'alimentation électrique pour Datacenters modulables destinés au marché africain.

Pour ce faire nous avons mené une étude sur les besoins en énergie électrique de deux Datacenters du Burkina. Cela nous a permis d'obtenir une répartition globale de la distribution d'énergie dans les centres de traitement de données localisés au Burkina. Les résultats obtenus nous ont permis d'effectuer une étude bibliographique centralisée sur les solutions d'optimisation énergétique du système de climatisation et sur un système de Gestion Technique Centralisée. En effet il ressort de notre étude que la consommation en énergie électrique du système de climatisation représente 50% de la consommation totale des Datacenters visités.

La solution combinant climatisation adiabatique et climatisation compressive a été retenue comme solution idéale dans le cas d'un Datacenter en container dont les baies sont disposées en allée chaude/froide. La température de l'air repris à l'arrière des baies étant assez élevée, elle nous offre d'énormes potentialités d'optimisation. L'étude de la solution a fait ressortir une réduction de 50% de la consommation en énergie électrique par rapport au Datacenters visités au Burkina Faso.

La solution de surveillance centralisée augmente considérablement la disponibilité de l'alimentation électrique de notre Datacenter en référence aux résultats obtenus sur d'autres systèmes. Cependant, même s'il est très difficile de mesurer le réel impact d'une gestion centralisée, il est clairement admis que tout système électrique alimentant des équipements critiques et très sensibles comme les Datacenters, ne peut fonctionner sans un

système de surveillance. Ce dispositif garantit donc la sécurisation et la fiabilité fonctionnelle de l'équipement.

Le système de climatisation actuellement utilisé dans les Datacenters visités est à proscrire, car il n'est vraiment pas adapté au refroidissement des Datacenters. Il diminue la durée de vie des serveurs mal refroidis, et consomme énormément d'énergie électrique. Son coût d'acquisition assez réduit cache une perte financière exorbitante.

Autres perspectives pour un développement en Afrique

Notre étude a porté sur l'intégration des datacenters en containers. Toutefois, cette solution peut présenter des inconvénients dans le cas d'un montage dans des infrastructures existantes. C'est pour cela que nous avons également envisagé une ouverture de notre solution vers des Datacenters non modulaires et assemblables localement. L'aboutissement de cette étude en cours, permettrait de faciliter une fabrication directe de ces Datacenter en Afrique et ce, pour des solutions adaptées à tous les types de configurations.

A titre personnel, j'aimerais rajouter que cette étude qui à été réalisée entre la France et le Burkina Faso, permet d'envisager un transfert de technologie en adéquation avec les réalités du pays bénéficiant de ce transfert. Personnellement ce stage m'a permis de découvrir la rigueur de travail qui est celle de SIREA, et d'appréhender les responsabilités qui sont celle d'un ingénieur dans la gestion de projets techniques.

VIII- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. **James E. Short, Roger E. Bohn, Chaitanya Baru.** How Much Information? 2010, *Report on Enterprise Server Information, January 2011*, 18-20
- [2]. **HP.** L'efficacité énergétique des Datacenters : Initiatives écologiques et rentabilité de l'entreprise peuvent faire bon ménage, *HP Septembre 2008*, 3-8
- [3]. **Duquesne Research.** Datacenter analyse et tendance, vers le Datacenter idéal, *L'observatoire des directeurs d'infrastructures et de production*, Mai 2009, 50-60
- [4]. **Jérémie Bourdoncle.** L'hébergement web en Afrique, *Hedera Technology, Octobre 2009*, 3-6
- [5]. **CB Richard ELLIS.** *Focus sur les Datacenters*, juin 2010, 2-4
- [6]. **ASHRAE American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers.** Environmental Guidelines for Datacom Equipment
-Expanding the Recommended Environmental Envelope, *ASHRAE (2008)*
- [7]. **BELADY Christian, RAWSON Andy, PFLEUGER John, et al.** data center power efficiency metrics: PUE and DCiE. *White Paper - Green Grid, 2008*,10-18
- [8]. **Sibiri Judicaël Noël ZONGO.** Etude et analyse expérimentale d'une centrale hybride pv/groupe électrogène (diesel ou biocarburant) sans stockage, mémoire pour l'obtention du master en ingénierie de l'eau et de l'environnement, 2010, 20-21
- [9]. **ATS MODULA.** Modular natural free cooling MNFC - PUE 1.07, *ATS (2011)*,
- [10]. **John Niemann.** Confinement de l'allée chaude / Confinement de l'allée froide, *Livre blanc APC n°135*, 2008, 5-15

[11]. **Data center services de HP.** La solution révolutionnaire pour optimiser votre data center, *HP, Novembre 2007, 2-4*

[13]. **Michel PETIT, Henri BREUIL, Jean CUEUGNIET.** Développement Eco-responsable et TIC (DETIC), 2009/05, 28-29

[12]. **COOLEA.** La performance énergétique au service des Datacenters, *avril 2011,*

[13]. **American Power Conversion (APC).** Comment éviter les coûts liés au surdimensionnement d'infrastructure des centres de données et de salles réseaux, *livre blanc APC N°37, 6-10*

[14]. **Richard L. Sawyer.** Amélioration de l'efficacité des onduleurs à forte puissance, Livre blanc n°108 d'APC, 5-8

[15]. **Schneider Electric.** Efficacité énergétique de la distribution électrique, *Guide de l'installation électrique 2009, k16-k28*

[16]. **Neil Rasmussen.** Calculer la totalité des besoins en refroidissement des centres de données, *Livre blanc APC n° 25,4-6*

[17]. **Victor AVELAR.** Calcul de l'ensemble des besoins en alimentation électrique des entres de données, *Livre blanc APC n°3,6-10*

IX- ANNEXES

ANNEXE 1 : FICHE DE RENSEIGNEMENT DES DATACENTERS VISITES

ANNEXE 2 : BILAN DE PUISSANCE ELECTRIQUE DU DATACENTER

ANNEXE 3 : CARACTERISTIQUES DU CLIMATISEUR COMPRESSIF

ANNEXE 4 : CARACTERISTIQUES DU CLIMATISEUR ADIABATIQUE

ANNEXE 5 : CARACTERISTIQUES DE L'ECHANGEUR A PLAQUE

ANNEXE 6 : CARACTERISTIQUES DES EQUIPEMENTS DE LA GTC

ANNEXE 1 : FICHE DE RENSEIGNEMENT DES DATACENTERS VISITES

	Telecom	Banque
Emplacement du local	1er étage, 2 faces climatisées	1er étage, 3face climatisée + toit
Taille du local	7x6x4 m3	5,5x3,5x4
Nombre de baie	6	4
Puissance Totale appelée par les baies	28kW	22kW
Système de climatisation utilisé	Armoire à condenseur à air séparé et split système	Armoire à condenseur à air séparé et split système
Puissance totale appelée par la climatisation	30,5 kW	22 kW
Nombre de luminaire	11 doubles fluos 120cm	6 doubles fluos 120cm
Puissance unitaire des luminaires	72 W	72W
Puissance de l'onduleur	60 kW	40kW
Taux de charge de l'onduleur	46%	55%
Système de supervision utilisé	néant	néant
Nombre de personne ayant accès au local	3	4
Les pannes les plus fréquentes	climatisation, Groupe électrogène	climatisation, Groupe électrogène
Nombre de source d'alimentation électrique	2- réseau SONABEL, Groupe électrogène	2- réseau SONABEL +PV, Groupe électrogène

ANNEXE 3 : CARACTERISTIQUES DU CLIMATISEUR COMPRESSIF

Caractéristiques physiques des unités 30RQ

30RQ		017	021
 Aux conditions Eurovent LCP/A/AC*			
Puissance frigorifique nominale unité standard	kW	16,1	20,4
Puissance électrique absorbée	kW	4,92	6,3
EER	kW/kW	3,28	3,24
Classe Eurovent froid	-	A	A
Performances à charges partielles ESEER	kW/kW	3,76	3,60
Puissance calorifique nominale unité standard	kW	16,8	21,4
Puissance électrique absorbée	kW	5,2	6,41
COP	kW/kW	3,24	3,35
Classe Eurovent chaud	-	A	A

Performances à charges partielles selon EUROVENT

30RB	LOAD	CAP	UNIT	EER	ESEER
	%	kW	kW	kW/kW	kW/kW
017	100	16,5	5,25	3,15	
	75	17,4	4,76	3,66	3,61
	50	18,3	4,33	4,22	
	25	19	3,98	4,78	

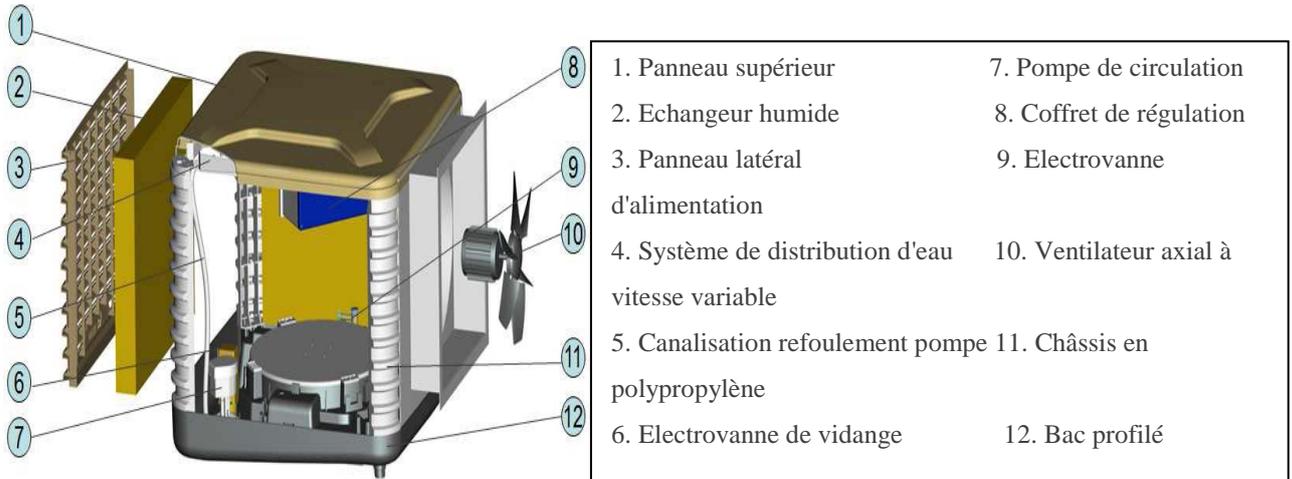
Légende

Load %	Charge thermique de l'unité
Cap kW	Puissance frigorifique
Unit kW	Puissance absorbée de l'unité
EER	Puissance frigorifique kW / puissance absorbée de l'unité kW



ANNEXE 4 : CARACTERISTIQUES DU CLIMATISEUR ADIABATIQUE

I- Description de l'ADIABOX 1600



Puissance absorbée : 1500 Watts

Caisson de rafraîchissement d'air adiabatique au débit : 14.900 m³/h

Echangeurs :

Echangeurs à nid d'abeilles de marque Munters Celdek 5090 avec une épaisseur de 10cm, 85% d'efficacité minimum. Moustiquaire de série.

Poids : Poids à vide = 80 Kg ; Poids en charge = 110 Kg

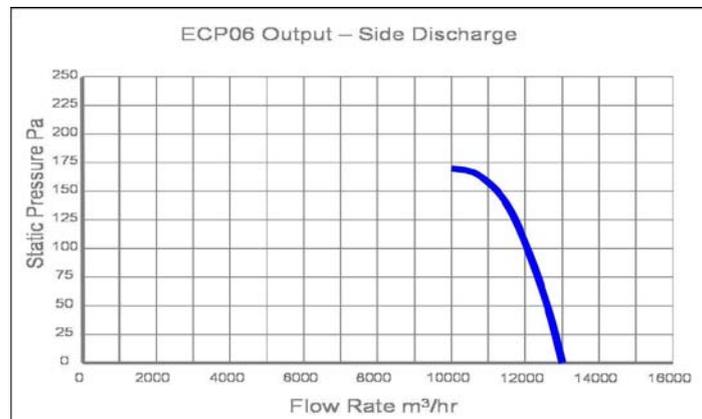
Structure : En polypropylène injecté traité contre les ultraviolets, visserie inox.

Raccordement en eau : 1/2" mâle

Raccordement électrique : Câble 3 G 1,5 mm²

Raccordement aéraulique : Rectangulaire 616x616 mm

Courbe débit/pression :



II- Devis fourni par l'entreprise COOLEA



26, Boulevard de l'Esplanade
38000 GRENOBLE

Tél : 04 76 17 25 70
Fax : 04 76 17 25 69

N° de SIRET : 49517539000014
N° de TVA intracommunautaire : FR
88495175390

Devis n° 81779

DATE	CLIENT
26/05/2011	SIREA

Sirea
Monsieur Lassina SANOU
69 rue industrie
ZI Mélou
81100 CASTRES

Objet : Suite à votre demande

Contact : COLLE Regis

Dossier : Container Data center

Mode de règlement : 30% à la commande -
solde 45 jFDM

Page 1 / 1

CODE ARTICLE	DESIGNATION	QTE	P.U.	REMISE	MONTANT H.T.
ADIA WF 16 S	ADIABOX avec ventilateur d'un débit nominal de 14 900 m3/h à soufflage sur le côté	1,00	4 600,00	30,00%	3 220,00
ADIA KIT MMILDS	Kit Afficheur distant mono-ADIABOX. Comprenant: l'afficheur distant inclus dans le boîtier IP65 dim: 187X122X90	1,00	325,00	30,00%	227,50
SONDE DPWC 111000	Sonde intérieure combinée T°/hygrométrie / Sonde Combinée température -10/60 °C et humidité 10/90% rH	1,00	250,00	30,00%	175,00
SONDE NTC30WP	Sonde extérieure de température / Sonde NTC IP67; câble 3 mt.; - 50*100°C embout INOX 316	1,00	45,00	30,00%	31,50
TRANSPORT	Frais de transport	1,00	120,00		120,00
MISE SERVICE	OPTION : Mise en Service	1,00	680,00		680,00
	IMPORTANT : - nous prévenir au moins 4 semaines avant l'intervention - la mise en service ne peut être réalisée que si tous les raccordements ont été faits (eau, électricité, sondes, afficheurs, etc.)				
Taux	Base	TVA	TOTAL H. T.		4 454,00 €
19,60%	4 454,00	872,98 €	TVA		872,98 €
0,00%	0,00	0,00 €	TOTAL TTC		5 326,98 €

Signature et cachet client :

Date :

ANNEXE 5 : CARACTERISTIQUES DE L'ECHANGEUR A PLAQUE

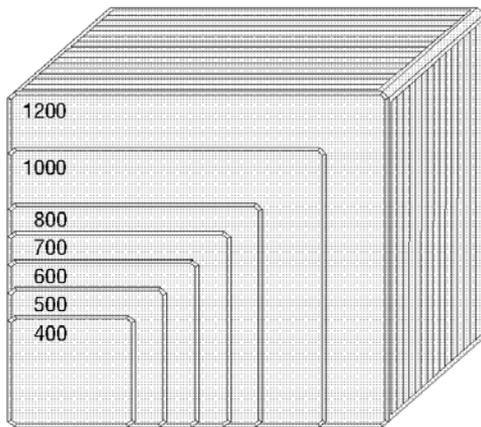
I- Caractéristiques de l'échangeur

Crossflow plate heat exchanger
Type PWT 400-1200



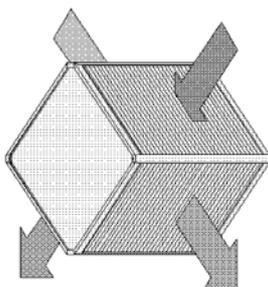
Application

- Room ventilation systems
- Industrial ventilaton systems
- Total separation of supply and waste air
- Heat-recovery in winter.
- Cooling-recovery in summer.

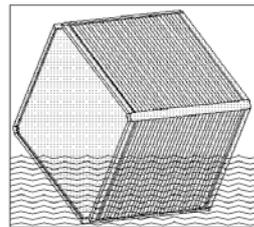


1200 mm	Efficiency up to 70%
1000 mm	Efficiency up to 70%
800 mm	Efficiency up to 70%
700 mm	Efficiency up to 65%
600 mm	Efficiency up to 65%
500 mm	Efficiency up to 60%
400 mm	Efficiency up to 60%

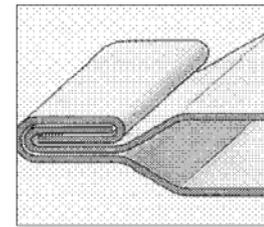
Efficiency depends on plate distance and air quantity



Energy-savings of
up to 70 %!



The heat exchangers consist of corrosion resistant aluminium foil.



High tightness and strength thanks to double folding of the intake-flow edges (fivefold material thickness).

Diagram for selection of a suitable plate heat exchanger

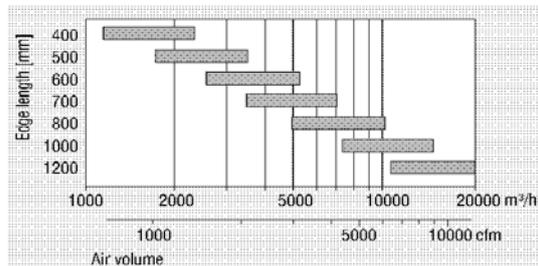
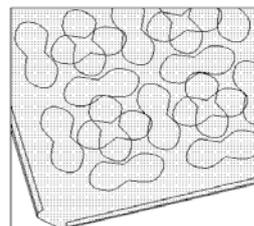
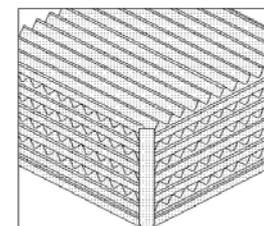


Plate structures and plate distances



- embossed plates:
 - plate distances from 5.5 up to 14 mm



- corrugated inserts:
 - plate distances from 8 up to 13 mm

ANNEXE 6 : CARACTERISTIQUES DES EQUIPEMENTS DE LA GTC

I- Caractéristique Transducteur

	<p>Spécifications: Entrée / Mesure (AC) 45-65Hz : calibre: 0---> 110V, 220V, 380V, 500V, 1000V 0---> 1A, 5A, 15A, 25A, 50A, 80A Valeurs mesurées: U, I, P, Q, F, cos phi, W (kWh). Sortie / signal: RS-485, RS-232C Précision: fréquence= 0.05 Hz. Voltage, Intensité, facteur de puissance, puissance active, réactive, énergie active, réactive = 0.5%. Transmission des données: 1200, 2400, 4800, 9600, 19.2K bps Rafraichissement: 250ms Isolation (v): 2500V DC Consommation: <200 mW (+12V)</p>
---	--

II- Caractéristique μ pilot

	<p>Microcontrôleur 8/16 bits compatible x86, cadencé à 20MHz,</p> <ul style="list-style-type: none">- Mémoire programme FLASH 4Mbits,- Mémoire données sauvegardées NVSRAM 4Mbits,- Mémoire données EEPROM 128Kbits,- Horloge sauvegardée date et heure,- Une liaison RS232 (COM0) avec une SUB-D 9 points mâle (par l'intermédiaire d'une HE10 et d'une nappe SUBD) pour programmation ALOGRAF par PC.- Une liaison RS485 (COM1) 3 fils sur un bornier à vis 3Pts.- Une liaison RS232 (COM2) 'full MODEM' sur une SUB-D 9 points mâle.- Une liaison RS232 (COM3) TX-RX-RTS-CTS sur une SUB-D 9 points mâle.- Option liaison RS485 (COM4) 3 fils sur un bornier à vis 3Pts.- Une liaison série asynchrone TTL (COM 5) TX-RX pour commande carte IHM déportée. <ul style="list-style-type: none">- 6 entrées analogiques-2 sorties analogiques-16 entrées TOR avec LED d'état,- 8 sorties TOR avec LED d'état par relais 1 T,- 4 sorties TOR avec LED d'état par transistor PNP 1A sur bornier
---	--

III- Caractéristique μ FOX



Intel Celeron M 1,0Ghz / Ram 512Mo
1x port VGA, 2x USB, 2x PS2
- 3x port RS232, 1x port RS485, 2x Ethernet
- 4x Entrées et 4x Sorties logiques
- Alimentation 24VDC
- *Options:* modules externes de communication
(radio, RFID, GSM / GPRS, RTC...)
Fonctions logicielles embarquées:
Atelier logiciel μ View
Supervision / Serveur web multipostes:
- Vues graphiques animées
- Visualisation et forçage de variables
- Base de donnée Mysql
- Pages HTTP, Courbes, états courants
- Alarmes historisées, gestionnaire d'évènements
- envoi de mails et sms
- Séquenceur de scripts (python)