

Estimation & amélioration du DCiE d'un datacenter

Ing. G. BAUDOIN
PIERRARD – Virton

Dans un premier temps, le but de ce travail réalisé dans les domaines de l'HVAC et de l'électricité est d'estimer théoriquement le rendement d'un centre de données, à savoir le DCiE (DataCenter infrastructure Efficiency). Pour ce faire, il est indispensable de créer un modèle de relations des différents éléments à prendre en compte dans cette estimation.

Par la suite, plusieurs pistes d'améliorations de ce rendement seront développées, à la fois dans les domaines de l'électricité et de l'HVAC. Celles-ci ont pour but d'optimiser le rendement du datacenter étudié mais également de dégager de nouvelles solutions dans le cadre de la construction d'un nouveau centre de données.

Il est important de préciser que tout ce qui concerne directement les équipements informatiques ne sera pas traité, ce domaine ne concernant pas le Bureau d'études pour lequel ce travail a été réalisé.

Mots-clefs : centres de données – DCiE – PUE – Kyotocooling

Firstly, the aim of this survey carried out in the fields of HVAC and electricity is to theoretically estimate the efficiency of a datacenter – the DCiE (DataCenter infrastructure Efficiency). Therefore, it is essential to create a model of relations of the different elements to be taken into account in this estimation.

Then, several improvement possibilities of this efficiency will be developed in the fields of electricity and HVAC. Their aim is to enhance the efficiency of the datacenter but also to find new solutions for the building of new datacenters.

It is important to specify that we will not deal with what is directly linked to the computer equipment as our R&D Department is not concerned with it.

Keywords: datacenters, DCiE, PUE, Kyotocooling.

1. Introduction

Le travail accompli est un prolongement d'une étude réalisée par le Bureau d'études dans lequel a été effectué un stage. L'étude effectuée concerne la construction de trois bâtiments, dont un comprenant un datacenter (centre de données). Ce type de salle nécessite l'installation de matériel spécifique à son fonctionnement, que ce soit du point de vue alimentation électrique ou production de froid.

Après avoir étudié en profondeur le système conçu par le Bureau d'études, le travail à réaliser consiste dans un premier temps à estimer l'indice de rentabilité énergétique du datacenter, le DCiE (Datacenter Infrastructure Efficiency). Dans un second temps, il consiste à trouver diverses solutions afin d'améliorer le DCiE de cette salle.

2. Etude du système conçu par le Bureau d'études

2.1. Notions préalables

Avant d'entrer dans le vif du sujet, il est important de définir les quelques notions importantes rencontrées dans la suite de cet article :

- Datacenter :

Un datacenter (ou centre de données) se présente comme un lieu où se trouvent différents équipements électroniques, surtout des ordinateurs et des équipements de télécommunications. Comme son nom l'indique, il sert surtout à traiter les informations nécessaires aux activités d'une entreprise. Par exemple, une banque peut recourir à un tel centre, lui confiant les informations relatives à ses clients, tout en traitant les transactions de ceux-ci.

Tous ces équipements dégagent une grande quantité de chaleur, il est nécessaire de l'évacuer afin d'assurer le bon fonctionnement de ceux-ci. Dès lors, il est indispensable d'installer un dispositif de refroidissement important.

Une autre particularité des centres de données est liée à l'alimentation électrique. Tous les équipements informatiques présents dans ce type de salle étant très sensibles aux variations et autres coupures électriques, il

est indispensable de prévoir des systèmes de sécurité adéquats (NO-BREAK, onduleurs).

- DCiE :
Le DCiE (Datacenter Infrastructure Efficiency) est défini comme étant le rapport entre la consommation électrique des équipements informatiques et la consommation électrique totale qu'engendre le datacenter. Sa valeur varie donc entre 0 et 1.
Il existe un autre indice, le PUE (Power Usage Effectiveness) qui se trouve être l'inverse du DCiE. Il varie donc entre 1 et l'infini.
Un DCiE de 0,6 veut dire que seulement 60% de l'énergie utilisée par le datacenter est consommée par les équipements IT (énergie utile). Le reste servant principalement au refroidissement de la salle et au fonctionnement du NOBREAK.

2.2. Description de l'installation

Comme on l'a évoqué précédemment, tous les équipements informatiques présents dans le centre de données (440 kW dans ce cas-ci, lorsque le datacenter est à 100% de sa capacité) dégagent une grande quantité de chaleur. Sans dispositif de refroidissement d'air, la température grimperait très rapidement et cela provoquerait des dégâts au niveau des équipements. Pour faire fonctionner ces dispositifs de refroidissement, des unités de production d'énergie sont nécessaires.

Dans le système, nous pouvons séparer en deux parties la production des énergies. D'un côté il y a la production d'électricité proprement dite, de l'autre, l'énergie nécessaire à la production de froid (HVAC - Heating, Ventilation & Air-Conditioning).

En ce qui concerne l'électricité, le courant provient de la distribution et arrive dans des cabines HT (Haute Tension) où il est transformé via des transformateurs. De là, le courant est envoyé vers le TGBT (Tableau Général de Basse Tension) qui alimente les équipements informatiques et l'HVAC. A noter que pour un centre de données, il est primordial d'avoir une bonne disponibilité (consiste à faire le maximum pour éviter toute interruption des équipements). Dès lors, des UPS (Uninterruptible Power Supply) et des

groupes électrogènes sont présents dans l'installation afin de pallier à des problèmes d'alimentation via la distribution.

L'HVAC peut également être subdivisé en deux parties : la production d'eau glacée (servant à préparer de l'air froid) et la production d'air froid proprement dite. L'eau glacée est obtenue via des groupes frigorifiques et des aéroréfrigérants (free-chilling, consiste à utiliser l'air extérieur pour refroidir directement l'eau quand la température extérieure est suffisamment froide). Cette production d'eau glacée alimente les armoires de climatisation qui refroidissent l'air chaud extrait de la salle. Une fois cet air refroidi, il est renvoyé dans cette même salle.

3. Estimation du DCiE

3.1. Eléments à prendre en compte et modèle utilisé

Comme on l'a vu précédemment, le DCiE est le rapport entre la consommation électrique des équipements informatiques et la consommation électrique totale qu'engendre le centre de données.

La consommation à l'intérieur d'un centre de données peut être répartie en trois catégories :

- La première de ces catégories est l'alimentation. Celle-ci reprend toutes les pertes engendrées par les transformateurs, les UPS et la distribution électrique.
- La seconde catégorie est l'HVAC. Cette partie comprend la consommation des aéroréfrigérants (production de froid grâce à l'air extérieur lorsque la température le permet), groupes frigorifiques, pompes, humidificateurs et groupes de traitement d'air.
- Enfin, la dernière catégorie est l'éclairage que l'on considère constant.

Une fois que tous les éléments à prendre en compte dans les différentes catégories sont répertoriés, il faut les relier ensemble afin d'obtenir un modèle à partir duquel on va pouvoir estimer les différentes pertes nécessaires au calcul du DCiE.

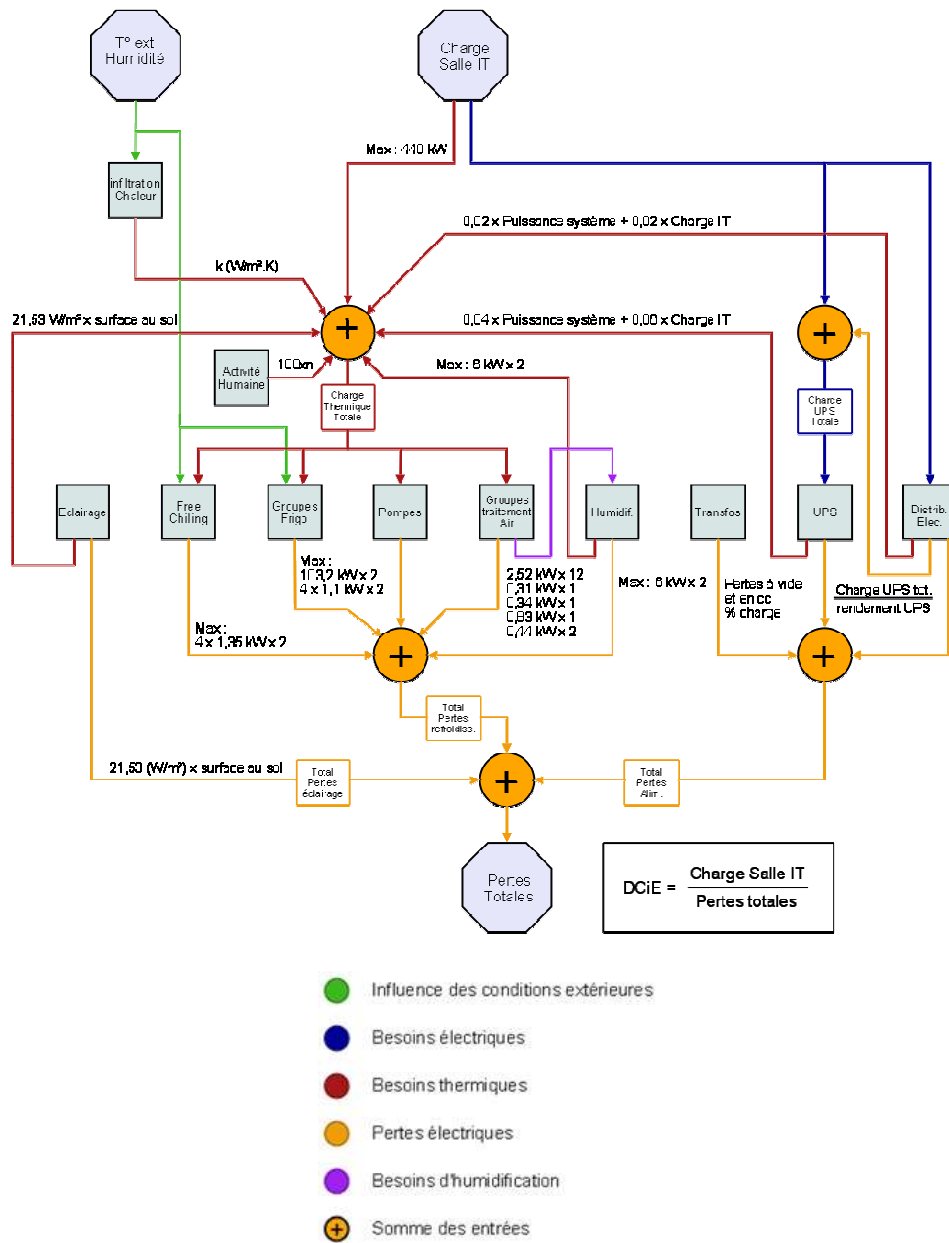


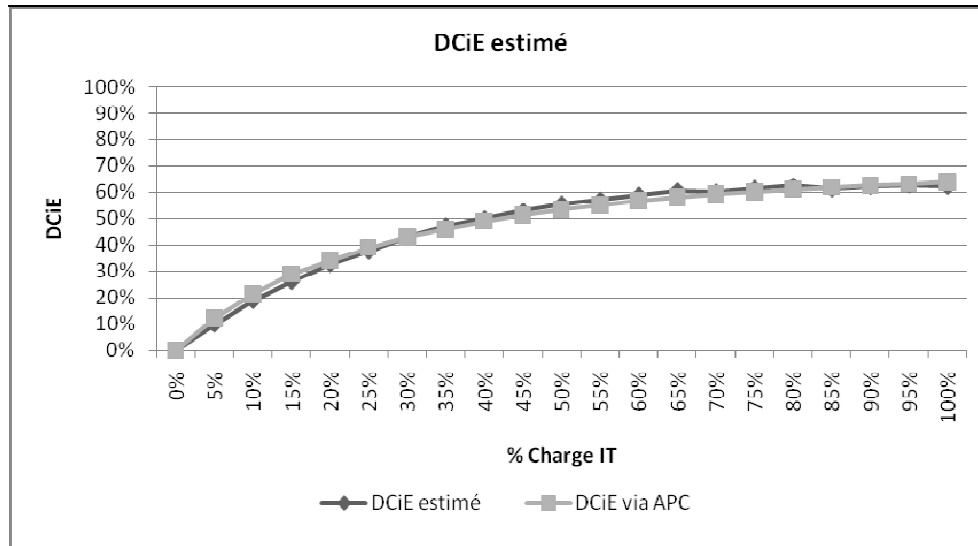
Figure 1 : Modèle utilisé pour estimer le DCiE

Afin d'estimer correctement le DCiE il est primordial de prendre en compte que la consommation des divers équipements destinés à refroidir les équipements IT varie en fonction de la température extérieure et de la charge IT. En effet, les besoins en refroidissement du datacenter ne seront pas les mêmes si la charge à l'intérieur de cette salle est de 100 ou de 400 kW d'équipements informatiques (la chaleur dégagée augmente en fonction de la charge). De même, si la température extérieure permet le fonctionnement des aérorefrigérants, les groupes frigorifiques (fortement énergivores) consommeront beaucoup moins d'énergie (car leur fonctionnement sera réduit). Enfin, il faut également tenir compte du fait que le rendement des UPS diminue en même temps que la charge. Il est réellement fondamental de tenir compte de tous ces paramètres.

Au final, en fonction de la charge informatique présente à l'intérieur de la salle, les pertes totales correspondantes permettent de déterminer le DCiE. Pour tenir compte de l'effet de la température extérieure sur le DCiE, un calcul de la consommation pour les températures inférieures à 10°C (température à partir de laquelle les aérorefrigérants sont efficaces) a été effectué. Une fois ce calcul réalisé, une moyenne annuelle de la consommation du datacenter en fonction de sa charge a été effectuée à partir d'une base de données des températures annuelles d'Uccle.

3.2. Résultats de l'estimation

Comme on peut le constater sur la figure 2, le DCiE atteint 60% dès que la charge interne du datacenter atteint 60% (DCiE de 62% dès 65% de charge). On peut considérer le résultat comme étant concluant et bon. En effet, l'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) a fixé comme objectif un DCiE de 62% pour les nouveaux datacenter (objectif à atteindre pour 2011). De nos jours, la plupart des centres de données ont une valeur de DCiE variant entre 33 et 50% (PUE variant entre 2 et 3).



*Figure 2 : Résultats de l'estimation.
A noter que la charge IT varie de 0 à 440 kW (100%).*

En plus de l'estimation théorique basée sur le modèle de la page précédente, une deuxième estimation a été effectuée à l'aide d'une application disponible chez APC (fabricant d'UPS). On peut constater sur le graphique ci-dessus que les deux résultats concordent sensiblement.

4. Amélioration du DCiE

4.1. Introduction

Sur la figure 3, on peut apercevoir la répartition de la consommation dans un centre de données typique (DCiE 60%, c'est-à-dire consommation des équipements IT de 60%). On remarque directement que la partie influençant le plus le DCiE est l'HVAC. C'est donc la partie la plus importante à traiter en vue d'améliorer le DCiE.

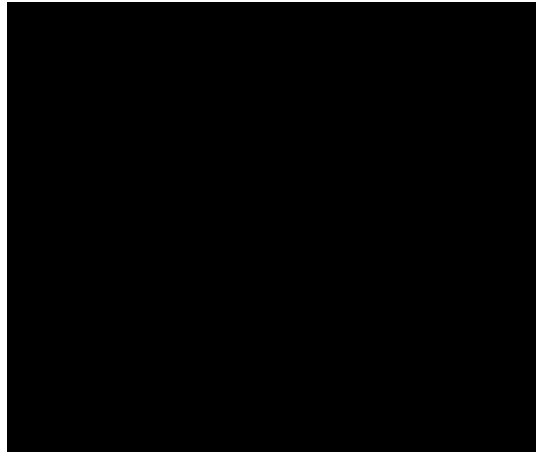


Figure 3 – Répartition de la consommation dans un datacenter typique

Etant donné que tout ce qui est équipements IT ne concernait pas directement le Bureau d'Etudes, cette partie n'a pas été développée. La recherche de solutions fut donc surtout centrée autour des domaines de l'HVAC et de l'électricité.

4.2. Electricité

La solution développée dans cette partie concerne l'utilisation des UPS. Afin d'augmenter la disponibilité du système, il est nécessaire d'installer des appareils en redondance. Les équipements informatiques devant dès lors être alimentés via deux sources qui vont elles-mêmes se répartir la charge à fournir, ces UPS sont grandement surdimensionnés pour les faibles charges. Le rendement de ces appareils diminuant très fortement lorsque la charge à fournir est faible, les pertes sont dès lors importantes lorsque le pourcentage d'utilisation du centre de données est faible.

Ainsi, une solution visant à réduire le nombre d'UPS en fonctionnement lorsque la charge est suffisamment faible a été développée. Cette solution permet de réduire les pertes dues aux UPS lorsque la charge informatique est faible. On obtient dès lors un meilleur DCiE.

4.3. HVAC

Dans cette partie, deux solutions ont principalement été développées : le KyotoCooling et la modification des régimes de températures.

KyotoCooling

Ce concept propose une nouvelle approche du refroidissement d'un centre de données en se débarrassant des unités de refroidissement classiques pour refroidir en utilisant l'air extérieur. Dans notre installation, l'air extérieur est déjà utilisé pour le refroidissement de la salle. Mais cet air est utilisé pour refroidir l'eau destinée à alimenter les unités de refroidissement d'air. Ici, l'air extérieur est directement utilisé pour refroidir l'air de la salle.

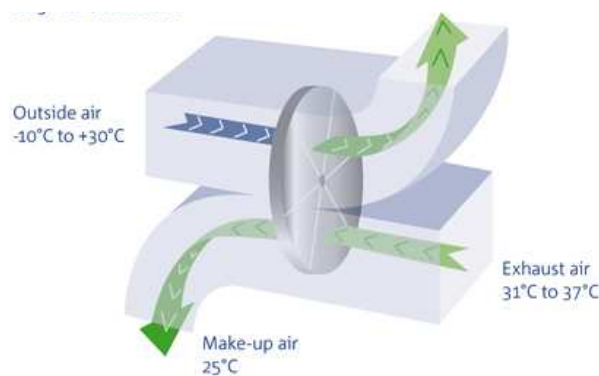


Figure 4 : Principe du KyotoCooling

Ci-dessus, on peut apercevoir le principe de fonctionnement du KyotoCooling. Une unité de KyotoCooling est constituée d'un échangeur de chaleur rotatif. L'air frais extérieur est échangé avec l'air chaud extrait de la salle. Cet air chaud est refroidi pour ensuite être renvoyé à l'intérieur du centre de données.

Ce système constitue un très gros avantage étant donné qu'il peut fonctionner sans refroidissement complémentaire jusqu'à une température extérieure de 22 °C.

Ce qui veut dire que pendant 95% du temps (annuellement en Belgique, la température extérieure est supérieure à 22 °C seulement 5% du temps), le refroidissement consomme beaucoup moins d'énergie que dans les centres

de données traditionnels. Le DCiE s'en trouve grandement amélioré. Au-delà des 22°C, un système de refroidissement complémentaire est utilisé afin d'obtenir une température de pulsion de maximum 25°C à l'intérieur du centre de données.

Une estimation du rendement du datacenter a été effectuée à partir des mêmes données que pour le datacenter développé par le BET (440 kW de charge IT). Ainsi, le même centre de données conçu avec des unités de KyotoCooling obtiendrait un DCiE supérieur à 85%. Suite à cette estimation, d'autres parties ont été développées (construction d'un centre de données avec cette solution, écologie, étude économique). Ainsi, cette solution ne coûterait pas plus cher que la solution étudiée par le bureau d'études, tout en étant plus efficace sur plusieurs aspects.

Du côté des avantages :

- Résultats impressionnants.
- Simplicité du système (forte diminution des équipements de refroidissement par eau).
- Modularité (agrandissement, ajout d'une ou plusieurs unités de KyotoCooling).
- Economies annuelles (consommation et production de CO2).
- Marketing (image « verte »).
- Climat de la Belgique adapté à la solution.
- Ne devrait pas coûter plus cher qu'une installation classique.

Mais il y a également des inconvénients :

- Difficultés d'adapter cette solution à une installation existante. Il est en effet préférable de développer directement cette solution dans l'étude du centre de données (point de vue modularité future, etc.).
- Jeunesse de la solution (donne des résultats intéressants aux Pays-Bas, mais les conclusions et les analyses qui découlent des tests réalisés ne sont pas encore parus).
- Solution non-conventionnelle. Ce qui peut faire peur aux constructeurs de centres de données.
- L'installation de racks pouvant travailler à des températures plus élevées est indispensable.

Malgré le fait que cette solution est récente et est toujours en phase d'analyse, le concepteur a déjà annoncé la construction de plusieurs centres de données utilisant cette technologie. Cette solution comprenant des avantages très **intéressants** lorsqu'elle est bien étudiée, il apparait réellement **intéressant** de s'y **intéresser**.

Modification des régimes de températures

Cette solution consiste à augmenter les différents régimes de températures du système par rapport à la solution étudiée par le bureau d'études, tout en conservant le même matériel.

Le régime de la salle choisi par le BET est le suivant :

- Température de l'air pulsé dans la salle : 16°C.
- Température de l'air extrait de la salle : 28°C.

Nouveau régime de température :

- Température de l'air pulsé dans la salle : 20°C
- Température de l'air extrait de la salle : 32°C

Ces derniers régimes de température se rapprochent de ceux utilisés avec la solution du KyotoCooling et sont recommandés par l'ASHRAE. Cette solution permet principalement une utilisation bien plus importante du free-chilling sur l'année, ce qui représente une grande économie d'énergie. Avec la première solution, le free-chilling devrait fonctionner seul 34% du temps sur l'année (lorsque la température est en dessous de 6°C). Avec la seconde solution, les aérorefrigérants fonctionneront seuls 55% du temps sur l'année (lorsque la température est en dessous de 10°C).

A noter qu'étant donné que le ΔT ne varie pas entre les nouveaux régimes et les anciens, le débit d'air à envoyer dans la salle ne varie pas. Donc les différents équipements de froid utilisés peuvent rester les mêmes.

Avec toutes ces données, une nouvelle estimation du DCiE a pu être effectuée. Ainsi le DCiE de l'installation passerait de 62 à 68%. Une certaine économie sur la consommation des équipements serait donc faite en adoptant ces nouveaux régimes de températures (plus de 30.000 € par an pour une installation de 440 kW d'équipement IT), le tout sans dépenser un € de plus.

La seule contrainte est de s'assurer que les équipements informatiques de la salle peuvent fonctionner à une température de 32°C (au lieu de 28 précédemment).

4.4. Autres

D'autres solutions ne trouvant pas place dans les précédentes catégories ont été étudiées. A savoir une étude concernant l'utilité des faux-planchers et une étude sur l'éclairage de la salle.

La première étude a été développée car il apparaîtrait que le faux-plancher des centres de données ne serait plus réellement utile et pourrait être supprimé dans certains cas. Après avoir effectué une étude sur la pertinence de ces faux-planchers, il semble cependant qu'ils demeurent très utiles pour faire parvenir l'air au pied des équipements informatiques et pour y faire passer tous les câbles des ces mêmes équipements. C'est notamment pour ces deux raisons que le faux-plancher reste toujours la meilleure solution.

La deuxième étude effectuée concerne l'éclairage de la salle. En effet, 21,6 W/m² d'éclairage sont prévus par le BET. Ce chiffre étant assez élevé, il était intéressant de se pencher dessus afin de tenter de faire des économies. Mais après avoir effectué une étude des différentes contraintes, il apparaît que ces 21,6 W/m² sont indispensables pour satisfaire les contraintes de la salle et du client. Et étant donné que les luminaires utilisés sont à faible consommation, aucune économie significative ne peut être faite sur l'éclairage.

5. Conclusions et perspectives

Dans l'ensemble, le cahier des charges a été respecté. En effet, une estimation du DCiE a été effectuée et diverses solutions intéressantes ont été développées.

Le centre de données étant seulement en phase de construction, la valeur du DCiE estimé n'a pu être vérifiée. Néanmoins, l'ordre de grandeur obtenu semble être cohérent au vu des technologies utilisées dans le système (UPS à haut rendement, free-chilling). Les éléments responsables des pertes les plus importantes dans un centre de données sont donc optimisés. D'où la valeur du DCiE obtenue.

Concernant les solutions étudiées, le bureau d'études devrait conseiller à son client d'augmenter le régime de températures des différents équipements ainsi que de limiter le nombre d'UPS en fonctionnement tant que la charge informatique à l'intérieur du centre de données ne sera pas assez élevée. Toutes ces modifications ne nécessiteront pas d'investissement supplémentaire, amélioreront le DCiE et au final, permettront de faire des économies sur le fonctionnement du centre de données.

Si une étude concernant la construction d'un nouveau centre de données devait être effectuée, la solution du KyotoCooling devrait être prise en compte et étudiée en profondeur. En effet, celle-ci présente des résultats impressionnants et ne devrait pas avoir un coût plus élevé (tout ce qui est groupes de refroidissement d'eau et diverses canalisations ne sont plus nécessaires). Sans compter que cette solution apporterait d'autres avantages du point de vue marketing et approche du client (faible consommation, écologie). De plus cette solution présente l'avantage d'avoir été conçue aux Pays-Bas (même climat, faibles coûts d'importation). Toutes ces raisons font donc que cette solution est très intéressante à étudier.

Au final, on peut donc conclure que ce travail pourra être utile au bureau d'études. Celui-ci pourra remettre une estimation du DCiE à son client, tout en lui apportant des conseils lui permettant de faire des économies. Dans un second temps, lors de la construction d'un nouveau centre de données, le KyotoCooling devrait être étudié en profondeur.

6. Références bibliographiques

- [1] APC, *White Papers* (n° 1, 3, 25, 37, 43, 46, 49, 50, 56, 64, 113, 114, 120, 124, 126, 131, 135, 154, 157).
- [2] The Green Grid, *White papers* (n°1, 2, 7, 11, 14, 15, 20).
- [3] Publication Siemens, Be One, *Le magazine de la technique de bâtiment intégrée*, 03-2008.
- [4] Publication Intel, *Reducing Data Center Cost with an Air Economizer*, 08-2008.
- [5] Publication IBM, *Refresh, managing it by sharing intelligence*, 03-2008, n°3.
- [6] *Techniques de l'Ingénieur* – BE 9620, BE 2480, BE 9572, BE 8097, BE 9755, B 9745, BE 9775, BE 2482.
- [7] ETNO, *Energy Task Team*, first annual report 2005-2007, 04-2008.
- [8] Sites Internet:
 - www.kyotocooling.com
 - www.wikipedia.com
 - www.mgeups.be
 - www.ciat.fr
 - www.emersonclimate.eu
 - energie.wallonie.be
 - www.apc.com/fr
 - www.wilo-select.com
 - www.guideinformatique.com
 - www.arcadisbelgium.be