

Master RIE Mémoire

Tutrice en entreprise : Bernadette BERTHIER

Tuteur pédagogique : Emmanuel GILLARD

Comment maîtriser et optimiser les dépenses énergétiques des datacenters ?

présenté par Grégory Cordier

Le jury est constitué de Romain KOBYLANSKI *Responsable pédagogique*
François MILLER *Responsable Dpt formation continue*

Grenoble, le 25 juin 2010

Table des matières

Tables des figures	v
Acronymes	viii
Introduction	xi
1 La problématique énergétique au sein des <i>datacenters</i>	1
1.1 Qu'est ce qu'un <i>datacenter</i> ?	1
1.2 Leur importance au niveau énergétique	2
1.3 Leur évolution	3
1.4 Les acteurs	6
2 Connaître et comprendre les <i>datacenters</i>	9
2.1 Choix de l'implantation	9
2.2 Connaître son <i>datacenter</i>	10
2.3 « Mesurer pour optimiser »	11
2.4 Les niveaux de confiance	12
3 Les leviers de l'optimisation énergétique	15
3.1 Étapes préalables	15
3.2 Au niveau de l'infrastructure physique	17
3.3 Au niveau de la partie informatique	19
4 Les technologies permettant une meilleure efficacité	21
4.1 Au niveau du refroidissement	21
4.2 Au niveau des équipements électriques	22
4.3 Au niveau des serveurs	22
4.4 Au niveau du stockage	24
4.5 Les principales voies de développement à approfondir	26
5 Des améliorations, oui, mais pour quels <i>datacenters</i> ?	29
5.1 Classement des améliorations envisageables	29
5.2 1 ^{er} scenario	31
5.3 2 ^e scenario	33
5.4 3 ^e scenario	34
Conclusion	37
Annexes	41
Bibliographie	49
Glossaire	51
Index	51

Table des figures

1	Exemple d'un grand <i>datacenter</i> . <i>Cisco, 2009</i>	1
2	Répartition des dépenses énergétiques des TIC. <i>modifié à partir de l'IDATE, 2010</i>	2
3	Comparaison de l'empreinte carbone des <i>datacenters</i> par rapport à d'autres pays en millions de tonnes de CO ₂ . <i>modifié à partir de l'Uptime Institute, 2008[11]</i> .	2
4	Comparaison du rendement entre anciens et nouveaux systèmes. <i>Uptime Insti- tute, 2008[11]</i>	4
5	Évolution énergétique moyenne par rack. <i>IDC, 2009</i>	5
6	Critères de localisation des centres dans le monde. <i>CRIP, 2009</i>	9
7	Répartition moyenne des dépenses énergétiques d'un <i>datacenter</i> . <i>modifié à partir de EMERSON, 2009</i>	10
8	Résultat au point de vue énergétique de la consolidation de serveurs. <i>APC, 2009</i>	12
9	Différences fondamentales entre les niveaux de disponibilité. <i>2009, Uptime Institute</i>	13
10	Hauteur de faux plafonds nécessaire suivant la puissance. <i>EMERSON, 2009</i> . .	18
11	Diffusion de l'air dans les allées chaudes et froides. <i>EMERSON, 2009</i>	18
12	Effet de la fermeture de l'avant des baies sur la température des serveurs. <i>APC, 2010</i>	19
13	Baies compartimentées. <i>APC, 2009</i>	21
14	Cas concret après consolidation de 170 serveurs. <i>CRIP, 2009</i>	23
15	Améliorations pertinentes dans le cas d'un petit <i>datacenter</i>	32
16	Améliorations pertinentes dans le cas d'un grand <i>datacenter</i>	34
17	Bénéfice économique du bon dimensionnement d'un <i>datacenter</i> . <i>APC, 2010</i> . . .	45
18	Exemple de calcul de l'économie réalisée grâce au <i>free-cooling</i> . <i>The Green Grid, 2009</i>	47



Acronymes

ASHRAE

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

CoC

Code de Conduite européen sur les datacenters.

CRIP

Club des Responsables d'Infrastructure et de Production.

DAS

Direct Attached Storage.

DCiE

Datacenter infrastructure Efficiency.

DSI

Directeur des Systèmes d'Information.

IDC

International Data Corporation.

MAID

Massive Array of Idle Disks.

NAS

Network Attached Storage.

OS

Operating System, en français « Système d'Exploitation ».

PRA

Plan de Reprise d'Activité.

PUE

Power Usage Effectiveness.

ROI

Retour Sur Investissement.

SAN

Storage Area Network.

SI

Système d'Information.

SNIA

Storage Network Industry Association.

SPOF

Singles Points Of Failure, en français « Points Uniques De Défaillance ».

SSD

Solid State Drive.

TIC

Technologies de l'Information et de la Communication.

UPS

Uninterruptable Power Systems, en français « système d'alimentation sans interruption ».

WWW

World Wide Web.



Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier ma tutrice Bernadette Berthier, pour ses conseils et son soutien, durant la rédaction de cette épreuve bibliographique.

Merci à Jez Wain, architecte système de Bull, pour son expertise sur le *Green IT* dans les milieux du *datacenter*.

Un grand merci à mon tuteur pédagogique qui m'a aiguillé tout au long de ce mémoire, ainsi qu'à mes collègues de formation Louis Jonget, Tommy Schneider et Julien Roux pour leur relecture et leurs remarques pertinentes.

Enfin, merci à nos responsables de formation Romain Kobylanski et François Miller pour leur incitation à utiliser de nouveaux outils, afin de développer notre curiosité et nos connaissances.

Grégory
CORDIER



Introduction

Au début des années 1990, la mise en place d'une salle dédiée à l'informatique centralisée des entreprises, telles que les applications et les données utilisateurs, est devenue pertinente et donc très vite populaire, on l'appelle un *datacenter*.

Ces *datacenters* sont souvent les points cruciaux du Système d'Information (SI) et ceux-ci auront un rôle important à jouer dans la réduction de l'impact sur l'environnement des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC). La croissance des données extrêmement rapide, soit plus de 30% par an selon le cabinet d'étude IDC, laisse à penser que le domaine du *Green datacenter* va s'accroître jusqu'à devenir essentiel.

Depuis ces dernières années et grâce au développement du *Green IT*, beaucoup d'efforts ont été réalisés dans tous les domaines liés aux TIC et spécifiquement au niveau des *datacenters*. L'allongement de la durée d'utilisation du matériel ainsi que la réduction des dépenses énergétiques font partie des principaux axes du *Green IT*. Le premier axe est probablement le plus important, mais le second a un impact financier rapide, ce qui sera un critère déterminant pour les décideurs. De plus, la réduction des dépenses énergétiques paraît notamment être la branche la plus simple à quantifier, car lorsque l'on économise un watt, nous savons à quoi se rapporte ce chiffre en équivalent CO₂ ou en euros par exemple. Cependant, le calcul de la dépense énergétique à la sortie d'un *datacenter* reste encore une problématique cruciale, comme nous pourrons le voir dans la suite de cette étude. Celle-ci étant exclusivement basée sur les gains économiques, nous ne parlerons pas en terme de *Green IT*, de *Green storage* ou de *datacenter* vert, mais en terme d'économie d'énergie, de gains d'électricité et de coût.

Nous verrons d'abord en quoi la consommation énergétique des *datacenters* est un véritable problème. Ensuite, nous essaierons d'appréhender au mieux cette problématique en analysant le fonctionnement et l'organisation des *datacenters*.

La présentation des principales actions indispensables à réaliser avant de commencer un projet d'optimisation énergétique d'un *datacenter* introduira les différentes bonnes pratiques peu coûteuses et très efficaces. À cette occasion nous présenterons les technologies innovantes dans cette même tendance.

Trois scénarii de préconisations énergétiques propres à différents types de *datacenters* seront étudiés. Ceci afin de nous donner une vision plus concrète des différentes possibilités qui nous sont offertes pour réduire la consommation énergétique des *datacenters*.

La problématique énergétique au sein des *datacenters*

Ce chapitre va permettre de comprendre pourquoi l'on parle d'optimisation énergétique des *datacenters*. D'abord en définissant un *datacenter*, puis en montrant leur importance sur le plan énergétique au niveau mondial et enfin en étudiant leur progression rapide.

1.1 Qu'est ce qu'un *datacenter* ?

Les *datacenters* peuvent souvent paraître comme une « grosse boîte noire ». Nous allons donc essayer d'en comprendre les tenants et les aboutissants.

Un *datacenter* ou parfois appelé « centre de traitement de données » est une salle regroupant les systèmes souvent critiques d'un SI, tels que les équipements informatiques et les équipements de télécommunications. Sa principale utilisation 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.

Voici une représentation d'un *datacenter* de grande taille :

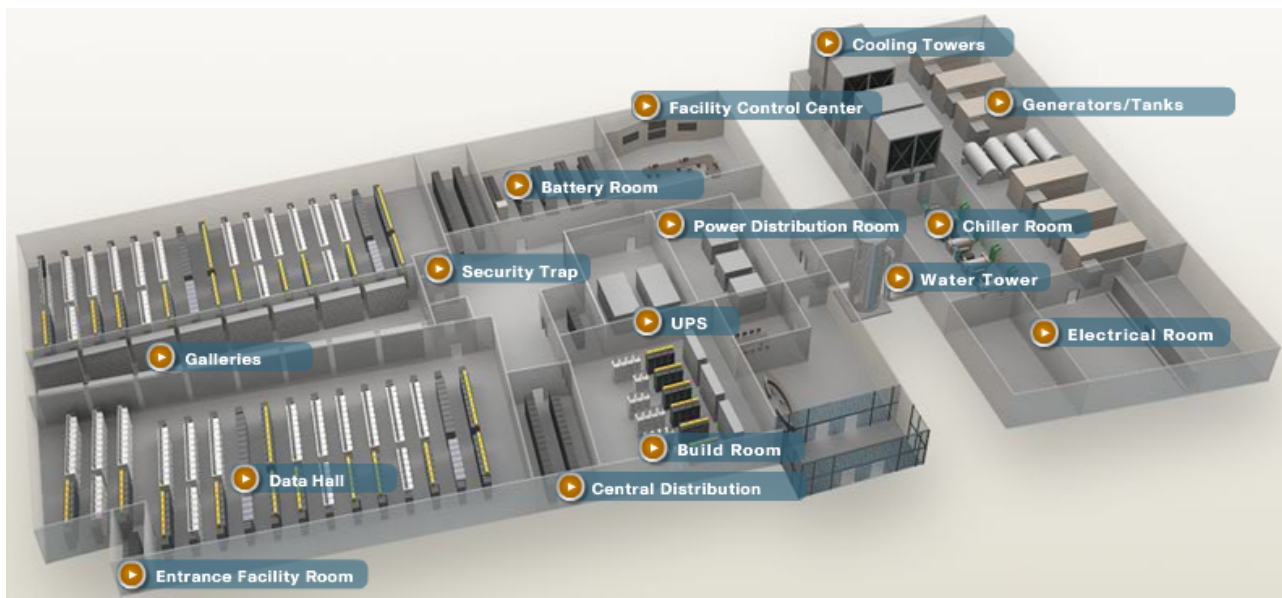


FIG. 1 – Exemple d'un grand *datacenter*. Cisco, 2009

La plupart des *datacenters* sont refroidis jusqu'à 20 °, toute l'année, afin d'éviter des surchauffes potentielles des machines qui le composent. En pratique, presque toutes les entreprises de taille moyenne utilisent un tel centre.

Un *datacenter* est organisé en baies. Ce sont des armoires pouvant accueillir des éléments (serveurs, actifs réseaux, stockage) dans des emplacements de taille normalisée 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 élémentaire de hauteur de chaque élément rackable¹.

1.2 Leur importance au niveau énergétique

Comme nous l'avons vu dans l'épreuve bibliographique[10], les TIC représentent 2% des émissions mondiales de CO₂, soit autant que l'industrie aérienne. Par rapport aux études, ils représentent aussi entre 3 à 10% de la consommation électrique mondiale. Or l'utilisation de l'informatique ne cesse de s'accroître, et le problème de s'aggraver.

De plus, la consommation électrique d'un *datacenter* sur 3 ans est parfois supérieure à l'investissement initial, d'où l'importance de cet aspect[16].

Les *datacenters* représentent une part importante des TIC et sont donc un point primordial à traiter.

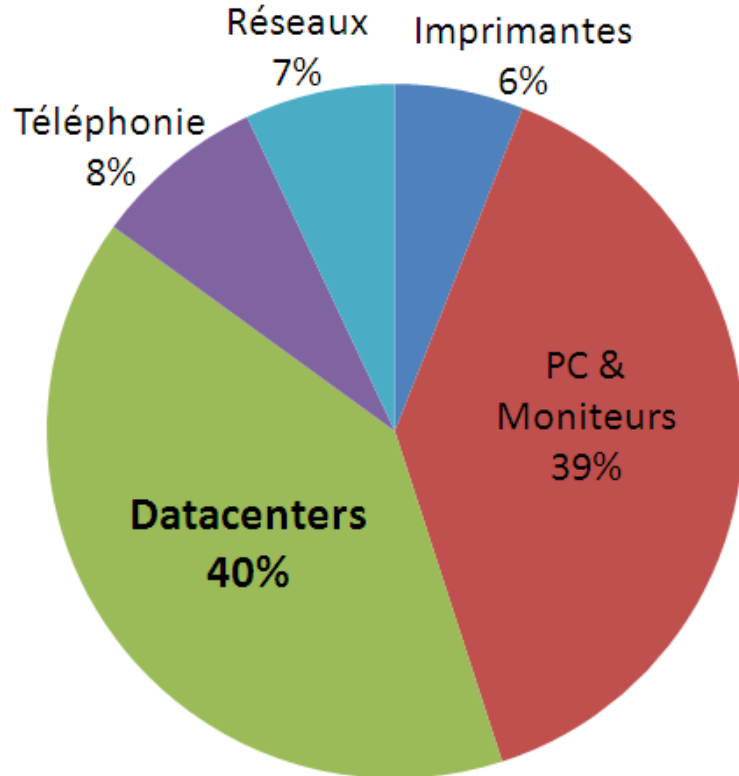


FIG. 2 – Répartition des dépenses énergétiques des TIC. *modifié à partir de l'IDATE, 2010*

Ils sont dorénavant un véritable problème énergétique au niveau mondial et sont responsables d'une empreinte carbone plus importante que celle de certains pays.

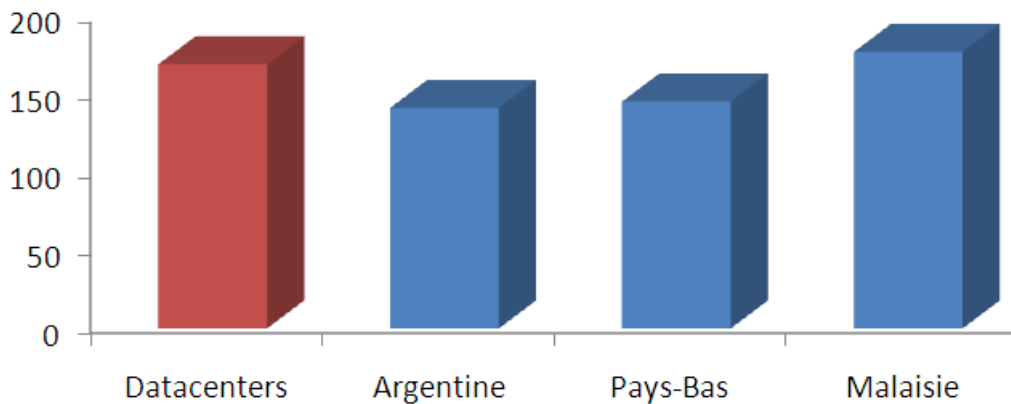


FIG. 3 – Comparaison de l'empreinte carbone des *datacenters* par rapport à d'autres pays en millions de tonnes de CO₂. *modifié à partir de l'Uptime Institute, 2008[11]*

¹1U correspond à une hauteur de 1.75 pouce (soit environ 4.445 cm).

Aujourd'hui les *datacenters* sont de véritables gouffres énergétiques. Ils ont subi une fulgurante évolution ces dernières années, tant au niveau de leur nombre que de leur taille, et donc de leur puissance. Or le principal risque vient de cette évolution. Nous allons maintenant essayer d'en comprendre les origines.

1.3 Leur évolution

Pour mieux comprendre en quoi la réduction de la consommation énergétique des *datacenters* est devenue un facteur important du *Green IT*, il nous faut comprendre l'évolution de ces *datacenters*. Nous verrons par la suite les causes de cette évolution et ce qu'elle a entraîné.

1.3.1 Historique

Les *datacenters* ont leurs racines dans les immenses salles d'ordinateurs complexes à utiliser et à maintenir, aussi appelés *mainframes*, mises en place au début de l'informatique industrielle. Dans les années 1980, les ordinateurs se sont largement déployés indifféremment du lieu.

Au début des années 1990, avec l'apparition des systèmes clients/serveur, les applications métiers et les données des entreprises sont centralisées sur des serveurs, chaque serveur utilise ses propres disques durs pour stocker les informations qu'il traite. On les regroupe dans les anciennes salles des *mainframes* ou dans des locaux techniques, souvent appelés salles serveurs. Le terme de *datacenter* devint plus répandu par la suite avec l'évolution de ces salles face au développement d'Internet. Des compagnies avaient besoin d'une connectivité rapide et sans interruption afin de déployer leurs systèmes et d'être présent sur la toile.

Vers la fin des années 1990, les 1^{ers} systèmes de stockage indépendants des serveurs font leur apparition. Ils sont directement attachés aux serveurs et sont appelés Direct Attached Storage (DAS).

Au début des années 2000, les systèmes de stockage deviennent autonomes. Ils sont dorénavant reliés aux serveurs par le réseau existant ou par un réseau spécifique (Network Attached Storage (NAS) et Storage Area Network (SAN)).

Depuis lors, les *datacenters* n'ont cessé d'augmenter en taille et en nombre, tout en devenant de plus en plus puissants, comprenant des systèmes de haute disponibilité utilisés 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7 avec des débits de 8 à 10 Gbit/s.

1.3.2 Les causes d'une telle évolution

Voici pourquoi cette évolution a été si rapide et sans réel contrôle.

L'évolution des usages

Celle-ci répond principalement à un besoin de stockage de données de plus en plus important, dû au nombre d'utilisateurs toujours croissant.

L'augmentation de la taille et du nombre de données échangées est aussi l'une des principales raisons de cette évolution.

Les données dématérialisées ayant dorénavant la même valeur que le papier sont devenues très importantes à l'entreprise. Et leur stockage, archivage, sauvegarde sont devenus des fonctions principales des *datacenters*.

La continuité de service

Les exigences de bon fonctionnement amène les *datacenters* à avoir toujours une plus grande disponibilité.

De plus, leur capacité à répondre aux besoins à tout moment entraîne une continuité d'activité 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7 toute l'année. Cette « haute disponibilité » est mesurée par des niveaux allant de 1 à 4 appelés TIER[12] (*cf. 2.4 Les niveaux de TIER*).

L'accroissement des données

L'évolution des services a entraîné une augmentation conséquente du nombre de données (la dématérialisation, l'évolution de la messagerie...). Cette augmentation est d'autant plus problématique, que beaucoup de données sont stockées en plusieurs exemplaires identiques :

- la gestion de versions, que ce soit pour répondre à des problèmes de sécurité, de tests ou de cohérences des systèmes, des versions de programmes et de données souvent identiques sont conservées.
- la redondance des données, celle-ci est récurrente à différents niveaux. La redondance des disques, la surallocation, les snapshots, la réplication de volume de données vers un autre système de stockage et même vers un site distant², la sauvegarde, l'archivage légal, mais aussi les copies de tests.

La sous-utilisation

D'après l'*Uptime Institute*, les *datacenters* actuels ont un taux moyen d'utilisation de 56 %, tant au point de vue des serveurs que des systèmes de stockage[11].

Comme nous l'avons vu précédemment, on utilisait des *mainframes* avant l'utilisation du mode clients/serveur. Cette évolution a été bénéfique à différents niveaux, mais pas au niveau de l'efficacité. Dans les années 1980, un *mainframe* avait en moyenne une utilisation de 70 à 80%, alors qu'aujourd'hui, les serveurs ont une moyenne de 5 à 30%.

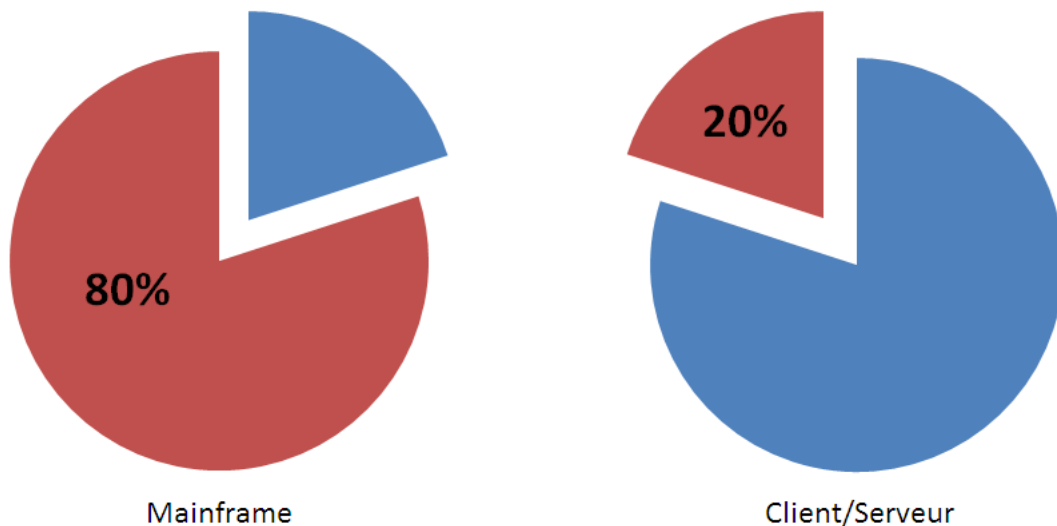


FIG. 4 – Comparaison du rendement entre anciens et nouveaux systèmes. *Uptime Institute, 2008*[11]

Le matériel n'étant pas toujours efficace et la demande de services étant toujours croissante, de nouvelles problématiques à l'intérieur des *datacenters* ont été soulevées.

²à l'instar des Plan de Reprise d'Activité (PRA)

1.3.3 Les conséquences de cette évolution

Cette évolution a des conséquences sur la consommation énergétique. Certaines sont liées ou ont des causes communes, mais elles sont chacune un problème à part entière.

La densité énergétique

Le coût du mètre carré dans les *datacenters* a beaucoup augmenté ces dernières années, à cause de l'accroissement de la densité énergétique. C'est aussi toute une baie qui produit beaucoup plus de chaleur qu'avant, et qui demande donc beaucoup plus d'énergie pour être refroidie.

Voici une représentation de l'évolution énergétique moyenne par rack depuis le milieu des années 1990 :

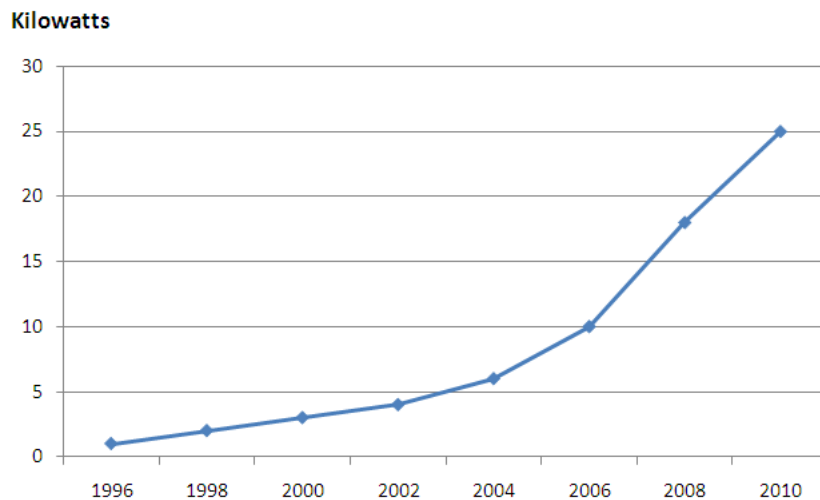


FIG. 5 – Évolution énergétique moyenne par rack. *IDC, 2009*

Or, d'après l'EPA, nombreux sont les opérateurs de *datacenters* qui n'ont plus la place, la puissance électrique ou la capacité de refroidissement leur permettant d'héberger de nouveaux équipements.

La chaleur

La forte augmentation de la puissance de l'informatique dans les *datacenters* entraîne une augmentation du dégagement calorifique et donc une augmentation de l'énergie nécessaire à son refroidissement. De plus, afin de répondre à la continuité de services demandée, les systèmes de refroidissement sont devenus, avec les systèmes de redondance d'alimentations, des éléments primordiaux des *datacenters*. Ceux-ci doivent donc atteindre un niveau de disponibilité proportionnel à celui du service rendu.

La facture d'électricité

Le développement massif ainsi que la complexification des *datacenters* entraîne un coût d'installation et d'utilisation jusqu'à 100 fois le coût d'un bâtiment standard de même mesure[5].

Ce coût dépend de différents critères :

- la localisation, la proximité d'un nœud d'interconnexion réseaux ou d'une centrale hydro-électrique permet de réduire efficacement les coûts d'exploitation ;
- la puissance globale du *datacenter* ;
- l'architecture, permettant la séparation entre les éléments informatiques et les éléments connexes ;
- l'efficacité du système de refroidissement ;
- l'efficacité de la distribution énergétique ;
- la redondance et la fiabilité du matériel informatique (serveurs, actifs réseaux...).

Un risque environnemental

L'attention des organisations, gouvernementales ou non, est de plus en plus portée sur les *datacenters*, qui les voient comme un risque potentiel pour l'environnement.

La prise de conscience environnementale de ces dernières années, ainsi que la crise économique de 2007 font partie des principaux facteurs du développement de normes et labels, mais aussi de réglementations (notamment au niveau européen) de plus en plus strictes visant à la réduction de l'empreinte carbone des *datacenters* et plus largement des TIC[10].

Bien que ces différentes conséquences ne soient pas identiques, elles sont néanmoins liées, et peuvent être regroupées en une seule : les *datacenters* sont devenus de véritables gouffres économiques et énergétiques. Beaucoup d'acteurs ont un certain pouvoir pour remédier à cela, qu'ils soient proches des TIC ou non. Comme nous venons juste de le voir, les organisations, gouvernementales ou non ont un véritable rôle à jouer, mais il y a aussi d'autres protagonistes indispensables à tout changement.

1.4 Les acteurs

À quels niveaux les acteurs concernés peuvent permettre d'optimiser les *datacenters* ?

1.4.1 Le responsable du *datacenter*

Le responsable du *datacenter* est souvent le Directeur des Systèmes d'Information (DSI) ou alors il peut y avoir un responsable pour la partie informatique et un autre responsable pour la partie infrastructure du bâtiment qui s'occupera des systèmes de refroidissement et d'alimentation.

Dans les 2 cas, il est important, pour toutes les questions énergétiques, que la partie informatique et la partie infrastructure physique soient traitées ensemble. Ce sera donc à ce niveau que les optimisations seront négociées et souvent décidées.

Le responsable du *datacenter* doit gérer plusieurs priorités où l'économie d'énergie est rarement la première, l'ordre étant souvent celui-ci :

1. rendre le service demandé ;
2. faire évoluer la disponibilité ;
3. réduire les coûts.

Mais depuis peu la tendance change et la réduction des coûts est devenue une demande plus importante. Notamment depuis que les responsables commencent à recevoir la facture d'électricité de leur *datacenter*, 50% de leur budget de fonctionnement partent chez les fournisseurs d'énergie. La réduction de la consommation électrique devient un chantier important des DSI[24].

1.4.2 La direction de l'entreprise

C'est elle qui validera les décisions du responsable du *datacenter* et aussi elle qui financera les améliorations à apporter.

Il est important que la direction soit partie intégrante des choix réalisés par la DSI et soit même moteur d'une amélioration énergétique du *datacenter*, ce qui est souvent le cas pour des raisons d'image ou de coûts. Cependant, au niveau du coût, beaucoup de direction financière pense simplement en terme d'investissement de capital (CAPEX), soit l'achat du produit, mais ne calcule pas les dépenses d'exploitation (OPEX). Et donc ceux-ci ne choisirons pas souvent un produit moins énergivore, si celui-ci est plus cher.

1.4.3 Les constructeurs

C'est eux qui ont la possibilité de créer des produits efficaces. Si la technologie peut être moins énergivore, ce sera avec des outils consommant moins ou avec une meilleure optimisation.

Mais si les constructeurs travaillent sur le marché de matériels plus efficaces, c'est principalement parce qu'il y a une demande de produits « verts ». Ce qui a pour conséquence d'entraîner des avancées à ce niveau, mais aussi d'apporter beaucoup de fausses informations (ou *greenwashing*[10]). Les autres acteurs, présentés ici, ont donc un rôle à jouer en tant que consommateurs pour certains et en tant que critiques pour tous.

1.4.4 Les techniciens du *datacenter*

A leur niveau, les utilisateurs de *datacenter*, qui sont souvent des techniciens ou les clients d'un service hébergé dans le *datacenter*, peuvent participer à l'optimisation de ces derniers, en mettant en place les bonnes pratiques que nous verrons dans le chapitre 3 ou en proposant de nouvelles idées à leur responsable.

1.4.5 Les organisations gouvernementales ou non

Comme nous l'avons vu précédemment, ces organisations commencent à prendre pour cible les *datacenters* en tant que risque pour l'environnement. GreenPeace par exemple, commence à épingler les *datacenters* faisant du *greenwashing*[10].

Les gouvernements mettent en place des législations permettant de limiter les consommations des environnements énergétiquement gourmands[15].

1.4.6 Les utilisateurs de l'informatique

Chaque personne utilisant Internet est en liaison directe avec un *datacenter*. Évidemment, les possibilités d'actions ne sont pas aussi conséquentes que celles d'un constructeur informatique, mais apprendre à bien utiliser un moteur de recherche afin de ne récupérer que les requêtes souhaitées et n'utiliser ces services que lorsque cela est réellement utile, est un acte en soit. Si les *datacenters* sont si puissants c'est avant tout, parce qu'il y a une forte demande.

Prendre conscience du problème, en parler et se faire un avis, sont les prémices de la prise de conscience environnementale de ces dernières années et sont déjà ce qui a amené la plupart des industriels à se pencher sur la question. Le public est donc un véritable acteur de l'amélioration des *datacenters* et globalement des TIC .

Ce chapitre nous a présenté les *datacenters*, tout en mettant en avant la problématique énergétique, qui est dorénavant devenue l'une des priorités des acteurs des *datacenters*. Il n'est donc plus seulement question de performance ou d'efficacité au niveau du traitement informatique, mais aussi au niveau de l'énergie. Les acteurs des TIC globalement ne commencent à penser en ces termes que depuis quelques années.

Nous allons maintenant découvrir les principaux axes d'organisation et de fonctionnement nécessaires à la maîtrise de la consommation énergétique d'un *datacenter*. La méconnaissance de ces points fondamentaux risque d'entraîner de mauvais choix quant à leur optimisation.

Connaître et comprendre les *datacenters*

Afin de mieux appréhender les problématiques énergétiques des *datacenters*, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance des *datacenters* globalement, mais aussi de leur conception et de leur architecture. Ceci nous permettra ensuite de comprendre leur fonctionnement et donc les problématiques qui s'en dégagent. C'est seulement à ce niveau qu'il sera possible de mettre en place des systèmes d'optimisation et de mesure efficaces.

2.1 Choix de l'implantation

Lors de la conception d'un *datacenter*, le choix de son emplacement a un impact déterminant. Étant donné la structure du World Wide Web (WWW), il n'est pas toujours justifié d'être proche de ses clients. Alors que d'autres critères sont bien plus pertinents :

- une protection contre les risques, tels que les catastrophes naturelles ou les activités humaines (la vibration des routes ou les climats politiques) ;
- la facilité d'accès ;
- la proximité d'un nœud réseau ;
- des sources d'énergie propre, durable et économique (proche d'un approvisionnement en eau ou un lieu avec un air ambiant froid).

Voici le résultat d'une étude du Club des Responsables d'Infrastructure et de Production (CRIP) sur les choix des emplacements des *datacenters* par leurs responsables :

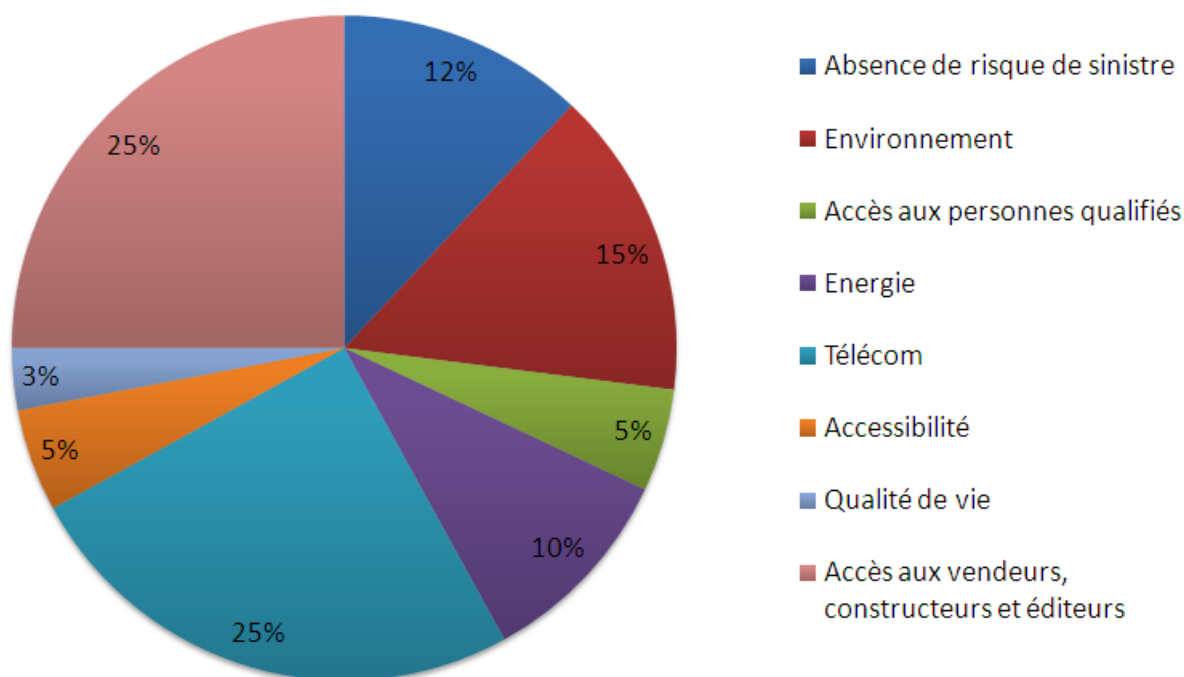


FIG. 6 – Critères de localisation des centres dans le monde. CRIP, 2009

Cependant, la proximité des *datacenters* a d'autres avantages :

- limiter les coûts de déplacement liés à la maintenance (personnel / matériel) ;
- faciliter la gestion ;
- permettre aux clients d'accéder aux *datacenters* (par rapport à son niveau d'intervention ou pour des visites) ;
- conserver et développer ces compétences en France.

L'implantation géographique doit être définie au préalable. Mais, pour maîtriser les dépenses énergétiques d'un *datacenter*, il est nécessaire de connaître son organisation interne.

2.2 Connaître son *datacenter*

Une des voies d'optimisation énergétique réside dans la connaissance de l'organisation interne du *datacenter*. Que ce soit au niveau du parc informatique ou au niveau des systèmes d'infrastructure, il est nécessaire d'avoir une connaissance globale de son *datacenter*. Globalement tout d'abord, savoir d'où proviennent les coûts les plus importants est indispensable.

D'après le schéma ci-dessous, nous pouvons voir que le refroidissement est le poste de consommation le plus énergivore à l'intérieur de tout *datacenter* :

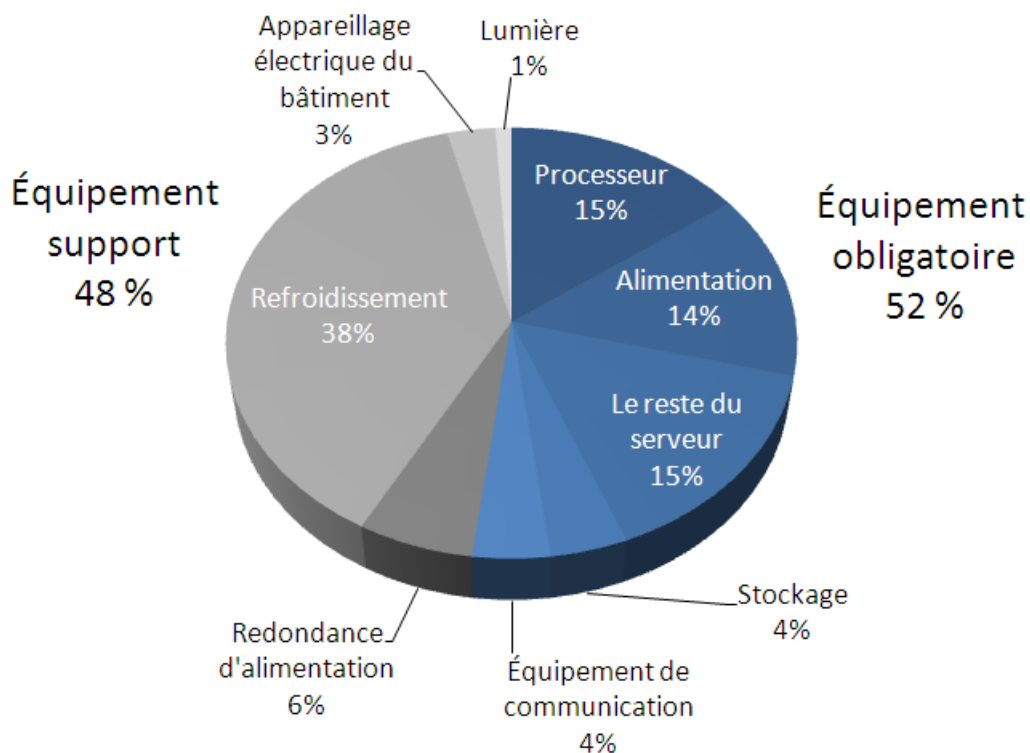


FIG. 7 – Répartition moyenne des dépenses énergétiques d'un *datacenter*. *modifié à partir de EMERSON, 2009*

Or, une disposition adaptée permet souvent une réduction de la déperdition de chaleur et donc une réduction des dépenses énergétiques à très court terme, comme nous le verrons dans le chapitre 3.

Ensuite, la connaissance plus spécifique de l'organisation et du placement des machines (serveurs, réseaux, racks, supports physiques...) est impératif, afin d'en définir les points chauds, les goulots d'étranglement et les systèmes les plus consommateurs.

Cette dernière approche permet de mieux s'adapter aux évolutions futures sur le parc (consolidation, remplacement, extension, multiplication), ainsi qu'aux conséquences que cela va avoir sur la salle (besoins de puissance, de place ; ou à l'inverse la réduction de surface peut générer des consommations plus fortes au m²).

La connaissance des liaisons vers l'extérieur, des répartitions inter-sites permettra aussi une meilleure approche vers la phase d'optimisation.

L'organisation interne du *datacenter* est donc primordiale dans le but d'une optimisation, mais il est aussi indispensable d'évaluer par la mesure ses dépenses énergétiques.

2.3 « Mesurer pour optimiser »

L'une des recommandations principales lors de la tentative de réduction des coûts énergétiques d'un *datacenter*, est de mesurer l'énergie dépensée par celui-ci. La mise en place d'outils de supervision, de tendance et de reporting peuvent permettre dans un premier temps, de découvrir les pertes d'énergie et les points chauds. Dans un second temps, des outils de décision peuvent permettre de calculer les gains suite à différents scénarii d'amélioration.

Cependant, pour bien mesurer l'efficacité énergétique, il faut savoir où et comment mesurer, ainsi que se mettre d'accord sur une méthode de calcul, qui pourrait idéalement devenir un standard. Il y a 2 ou 3 ans, il était difficile de mesurer l'efficacité des *datacenters*. En 2007, le Green Grid, un consortium international de sociétés informatiques a été créé afin de définir, élaborer et promouvoir des standards, des méthodes et des nouvelles technologies liés aux *datacenters*.

Ce dernier a mis au point deux mesures de l'efficacité énergétique dont on parle de plus en plus :

PUE

Le Power Usage Effectiveness (PUE)[4] calcule le rapport entre la consommation énergétique totale d'un *datacenter* et celle des équipements IT qu'il héberge.

$$PUE = \frac{P_{IT} + P_{infra}}{P_{IT}}$$

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

DCiE

Le Datacenter infrastructure Efficiency (DCiE)[4] calcule le ratio inverse de celui du PUE.

$$DCiE = \frac{1}{PUE} \times 100\%$$

Cependant, ces mesures ne sont pas toujours pertinentes. Elles ne sont que des indicateurs de la performance des composantes électriques et de refroidissement du *datacenter*. Il n'est en aucun cas un indicateur de la performance globale du *datacenter*, au sens service informatique rendu à l'entreprise.

Ainsi un *datacenter* moderne avec un excellent PUE, peut n'héberger que des serveurs dont le taux d'utilisation est assez faible (environ 30%). Le résultat ne sera guère satisfaisant en matière de « rendement informatique ». À l'inverse, un *datacenter* un peu plus ancien, avec un moins bon PUE, et hébergeant des serveurs chargés à 70% rendra un bien meilleur service informatique à l'entreprise. Par exemple, l'utilisation de consolidation de serveurs permettra une baisse de la puissance totale du *datacenter*, mais en augmentant son PUE.

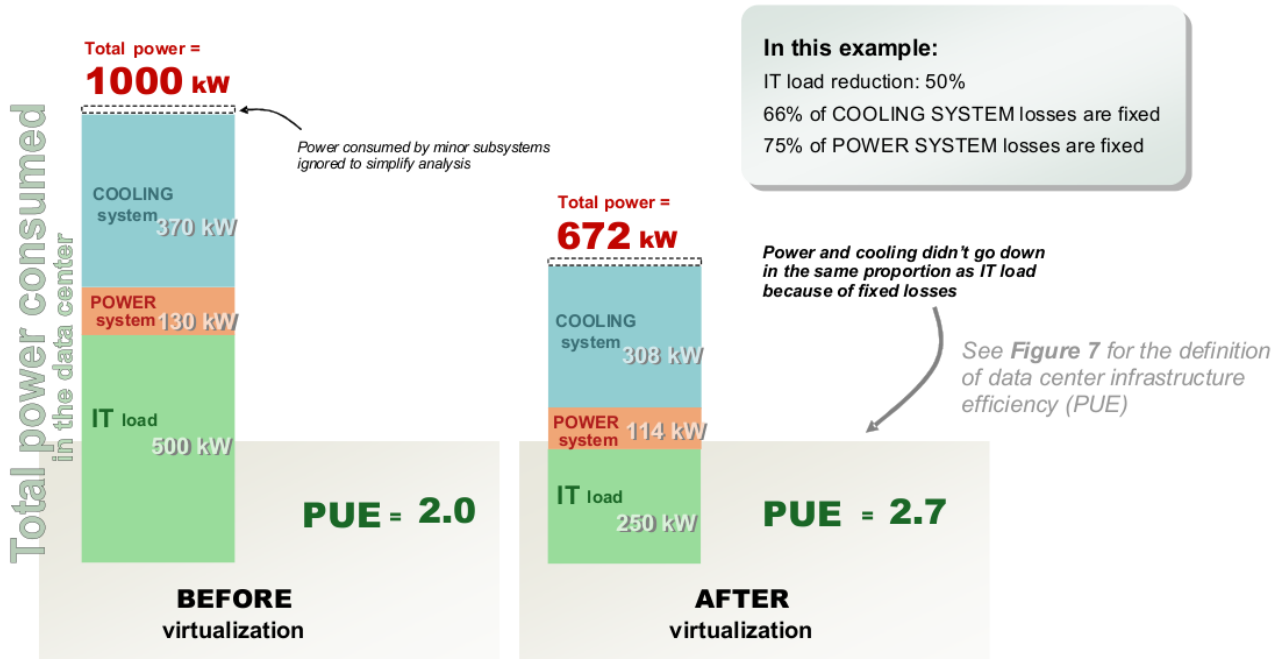


FIG. 8 – Résultat au point de vue énergétique de la consolidation de serveurs. APC, 2009

De plus, le PUE d'un *datacenter* devrait être fourni avec son niveau de disponibilité, appelé TIER (de 1 à 4), car la partie principale à réduire pour améliorer son PUE est le refroidissement ainsi que la redondance de matériels. Il est donc plus facile d'avoir un bon PUE avec un faible niveau de TIER [34]. Pour bien comprendre cette problématique, il est important de comprendre comment fonctionne les niveaux de TIER¹.

Pour ces raisons, le gouvernement australien, ne trouvant pas le PUE assez fin, a décidé de réaliser une étude afin de mettre au point de nouveaux indicateurs d'efficacité énergétique pour leurs *datacenters*[27].

Comprenant cela, le Green Grid se penche actuellement sur une future métrique plus représentative qui s'intéressera davantage à l'efficacité globale d'un *datacenter* et non seulement à son efficacité électrique. Dans le même ordre d'idée, l'objectif est de définir, à moyen terme, un nouvel indicateur tel que le *useful work per watt*[33].

Voici maintenant ce que représente les niveaux de TIER, ils sont très importants pour comprendre les coûts élevés de l'infrastructure physique ainsi que la non-pertinence du PUE.

2.4 Les niveaux de confiance

L'*Uptime Institute* a mis en place un système de classement de la disponibilité des *datacenters* en définissant des niveaux de confiance. Ce système comporte 4 niveaux (TIER IV étant le

¹Nous verrons cela dans la section suivante.

niveau de tolérance maximale) et est devenu un standard *de facto*.

Voici les différences fondamentales entre les niveaux de disponibilité :

Niveaux de TIER	TIER I	TIER II	TIER III	TIER IV
Circuit électrique	1 seul	1 seul	Plusieurs, mais 1 seul actif	Plusieurs
Composants redondants	Aucun	Oui	Plusieurs, mais 1 seul actif	Plusieurs
Taux de disponibilité	99,671%	99,741%	99,982%	99,995%
Temps max de non-disponibilité	28,8 heures	22,7 heures	1,6 heures	0,4 heures

FIG. 9 – Différences fondamentales entre les niveaux de disponibilité. 2009, *Uptime Institute*

Pour résumer, les *datacenters* en TIER I ont beaucoup de Single Points Of Failure, en français « Points Uniques De Défaillance » (SPOF), l'infrastructure doit donc être complètement arrêtée en cas de maintenance et le service rendu sera bien entendu interrompu dans le cas d'une simple panne.

A contrario, les TIER IV ont tous les éléments nécessaires redondants ce qui permet de maintenir en fonctionnement le *datacenter* sans jamais avoir besoin de l'arrêter dans le cas d'un entretien ou du remplacement d'un composant.

Ce qui entraîne donc une dépense d'énergie bien plus importante pour l'utilisation d'un TIER IV. C'est donc pour cela que l'utilisation du PUE doit absolument être accompagnée du niveau de disponibilité du *datacenter*.

C'est pour cela que certains notent que le PUE force à choisir entre un taux de disponibilité élevé ou un faible PUE[34].

Ce chapitre met en évidence les principaux axes d'organisation et de fonctionnement d'un *datacenter* qu'il est nécessaire de comprendre avant d'envisager la phase d'optimisation dans de bonnes conditions. Que ce soit au niveau global ou à des niveaux plus spécifiques, une expertise si ce n'est complète, tout du moins poussée, évitera les erreurs de compréhension et les mauvaises informations.

Après avoir atteint ce niveau de maîtrise, nombre de bonnes pratiques peuvent être mises en place dans le but d'optimiser un *datacenter*.

3 Les leviers de l'optimisation énergétique

Comme nous l'avons vu, les besoins en énergie des *datacenters* sont toujours croissants. Nous allons maintenant voir comment il est possible de réduire la consommation des *datacenters* au travers de bonnes pratiques et d'installations simples. Celles-ci peuvent souvent être mises en place à moindre coûts et dans des délais très courts, ce qui est donc bénéfique très rapidement pour l'entreprise.

3.1 Étapes préalables

Dans un projet d'optimisation, des étapes en amont doivent être réalisées avant toute action.

3.1.1 Audit énergétique

Après avoir étudié les points vus dans le chapitre précédent et avoir acquis une certaine expertise du *datacenter* ou pour l'acquérir, il est nécessaire de passer par une étape d'audit énergétique. Qu'il soit réalisé en interne ou par une autre société, l'audit est la 1^{re} étape indispensable à la rénovation d'un *datacenter*. Celle-ci est divisée en 4 phases :

1. Qualifier, en définissant le périmètre d'étude avec le responsable du *datacenter* afin de comprendre les besoins de ce dernier et cerner les critères et changements possibles.
2. Mesurer et collecter, grâce à des mesures énergétiques¹, des mesures de taux d'utilisation et l'inspection de l'infrastructure physique, ainsi que de l'informatique.
3. Analyser la facture énergétique et traiter les informations récupérées par l'étape précédente.
4. Diagnostiquer, en dégagant de l'analyse, des opportunités d'amélioration et des recommandations.

Le but d'un audit est d'établir l'état de santé de votre *datacenter*, en évaluant les points suivants[18] :

- l'environnement du site ;
- le bâtiment et ses abords ;
- la production et distribution électrique ;
- la production et distribution du froid ;
- la gestion de l'exploitation (infrastructure physique + informatique).

Les résultats d'audit ramènent souvent que la plupart des bonnes pratiques à mettre en place sont directement liées au refroidissement[3]. En effet, il y a beaucoup d'améliorations possibles à ce niveau et celles-ci sont souvent rapidement rentables, étant donné la part importante de consommation due au refroidissement dans les *datacenters*².

¹cf. chapitre 2 - partie 2.3 « Mesurer pour optimiser »

²cf. chapitre 2 - partie 2.2 Connaître son *datacenter*

3.1.2 Reporting et management énergétique

La supervision énergétique est très importante pour comprendre d'où viennent les gouffres énergétiques, il y a de plus en plus d'outils explorant ce sujet. Cependant, il n'y a encore aucune norme sur les différentes métriques possibles.

De plus, la principale problématique au niveau supervision est de savoir comment et à quel endroit mesurer. Faut-il comparer la consommation électrique par la volumétrie de données ? Faut-il prendre en compte la charge de travail ? Les performances d'accès ? De débit en lecture ? En écriture ?

Mesurer la consommation d'énergie totale du *datacenter*

Installer l'équipement nécessaire pour mesurer la consommation totale du *datacenter*. Le périmètre de la mesure doit comprendre les équipements de traitement et de conversion électrique et le système de refroidissement. Notez que ces informations sont requises pour la déclaration du Code de Conduite européen sur les datacenters (CoC) (Cf. Annexe : Guides et labels).

Mesurer la consommation d'énergie totale de l'équipement informatique

Installer l'équipement nécessaire pour mesurer la consommation totale de l'équipement informatique, en incluant les unités de distribution d'énergie (PDU). La consommation de l'équipement informatique doit aussi inclure les éventuels équipements alimentés par d'autres sources (par exemple non protégés par UPS). Notez que cela est requis pour les rapports à fournir au CoC. Le reporting de premier niveau de la température et du taux d'humidité peut être réalisé par des lectures manuelles des appareils de mesure (Wattmètre, thermomètre, hygromètre). Les lectures devront se faire de manière régulière, idéalement lorsque le *datacenter* est en pleine charge.

Fournir un rapport périodique sur la consommation d'énergie et les paramètres environnementaux

Le rapport périodique basique inclut la consommation électrique, les paramètres environnementaux (température, taux d'humidité) et un calcul du DCiE/PUE moyen sur la période des mesures.

3.1.3 N'utiliser la haute disponibilité que lorsque cela est nécessaire

Le recours à la redondance à tous les niveaux allant jusqu'au doublement de tous les composants est devenu chose commune. Or, celle-ci en plus de multiplier les systèmes en fonctionnement, ne les utilise souvent qu'à un faible taux d'utilisation et augmente donc significativement la consommation énergétique.

Il est donc nécessaire de limiter l'ensemble des équipements redondants en contrôlant et en justifiant leur criticité.

En effet, beaucoup d'entreprises investissent dans des systèmes de refroidissement et d'alimentations électriques redondantes utilisant donc le double de la puissance dont ils auraient réellement besoin. Pour chaque kilowatt d'énergie nécessaire, les systèmes redondants en utilisent deux. Cette pratique prépare les systèmes aux pics d'utilisation et aux pannes potentielles, mais n'est pas efficiente et influe fortement sur la facture d'électricité. Il est donc conseillé de réduire l'utilisation de la haute disponibilité aux systèmes réellement critiques.

3.1.4 Acheter des matériels et logiciels efficaces

Il est dorénavant possible d'intégrer le critère de la consommation des ressources dans le processus de sélection des matériels et logiciels. Le CoC propose l'utilisation de critères, de métriques, de tableaux permettant l'évaluation de l'infrastructure physique et informatique des *datacenters*. Des critères concernant l'efficacité des produits sont de plus en plus intégrés dans les appels d'offres.

3.1.5 Acheter labellisé

De nombreux éco-labels existent pour le matériel informatique, 80plus (spécifiques aux alimentations) et Energy Star permettent de sélectionner du matériel plus efficace (donc dégageant moins de chaleur)[10].

3.2 Au niveau de l'infrastructure physique

L'infrastructure physique d'un *datacenter* comprend tout ce qui n'est pas l'informatique, soit le refroidissement et l'alimentation de la salle.

3.2.1 Bien dimensionner l'infrastructure physique

L'infrastructure physique consomme plus d'énergie que la partie informatique, comme nous l'avons vu précédemment. Il est donc primordial de bien la dimensionner. Dans une installation typique, quel que soit la charge utile de l'informatique, il y a des pertes fixes au niveau de l'infrastructure physique. Par exemple, avec une charge informatique de 30%, un système classique consommerait 2 300 \$ par kW et par an. Or, si ce système était bien dimensionné par rapport à la charge de l'informatique, celui-ci consommerait 1 440 \$ par kW et par an, soit 38% d'électricité économisée (cf. Annexe : Bénéfice économique du bon dimensionnement d'un *datacenter*).

Un bon dimensionnement a le potentiel d'éliminer 50% de la facture d'électricité dans une véritable installation[14].

3.2.2 Améliorer la circulation de l'air

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.

Réhausser et dégager les faux-planchers

La plupart des *datacenters* sont refroidis par un système de climatisation global à toute la salle. C'est comme si pour tenir au frais les aliments, on refroidissait toute la cuisine au lieu de ne refroidir que ce qui se trouve dans le réfrigérateur. Nous allons voir qu'il y a beaucoup d'optimisations possibles afin de changer cela.

Des faux-planchers sont mis en place sous les baies des *datacenters* afin de diffuser l'air froid. L'air remonte vers les baies grâce à un système de dalles perforées. Ces conduits sont souvent obstrués par les câbles de communication (réseaux et fibres optiques). L'une des solutions est de faire passer ces câbles en hauteur.

De plus, pour faciliter la circulation de l'air, il est conseillé de mettre en place des faux-planchers d'au moins 1 mètre de hauteur. Plus les besoins en refroidissement de la baie sont importants,

plus le flux d'air froid fourni doit être important, et la méthode principale pour cela, est d'augmenter la hauteur du faux plancher, comme le montre le schéma ci-dessous³.

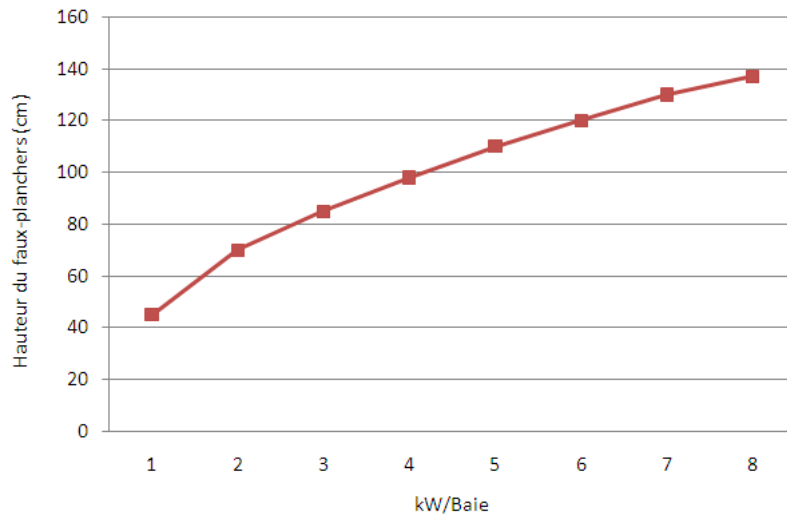


FIG. 10 – Hauteur de faux planchers nécessaire suivant la puissance. *EMERSON, 2009*

Placer les dalles perforées

Les dalles perforées sont souvent mal disposées[17], car la bonne localisation de celles-ci n'est pas intuitive. Il est nécessaire de bien comprendre le refroidissement global du *datacenter*, afin de réduire au maximum les points chauds.

Aménager des couloirs chauds-froids

L'agencement des baies en système d'allées froides / allées chaudes⁴ est très intéressante car elle permet de savoir où refroidir. Cependant, il est difficile de diriger les flux d'air. La gestion thermique optimale serait de réduire au minimum le mélange d'air chaud et froid. Vu que l'air froid vient du bas, la température de l'air qui est la plus élevée se trouve dans la partie haute de la baie. Il est donc primordial de placer les éléments critiques dans la partie basse des baies [19].

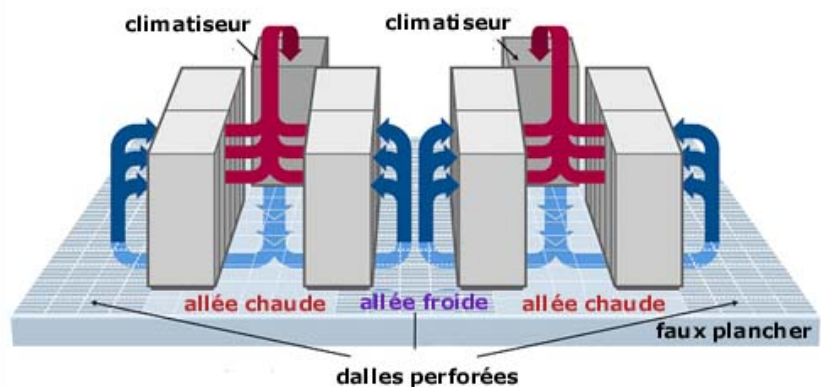


FIG. 11 – Diffusion de l'air dans les allées chaudes et froides. *EMERSON, 2009*

Installer des panneaux d'obturation de l'air

Les espaces vides à l'intérieur des baies sont souvent laissés ouverts à l'avant, par méconnaissance. Cela cause un réchauffement des serveurs. Or la mise en place à l'avant de panneaux

³Cette solution ne s'adapte bien évidemment pas à tous les locaux.

⁴les faces avant face à face constituent les allées froides et les faces arrière aussi face à face, les allées chaudes car les baies rejettent de l'air chaud à l'arrière

sur les emplacements vides de la baie, empêche l'air chaud rejeté de se mélanger à l'air froid envoyé et assure donc un refroidissement correct. Cette bonne pratique n'est pas souvent mise en place et peut pourtant empêcher des dommages thermiques importants[17].

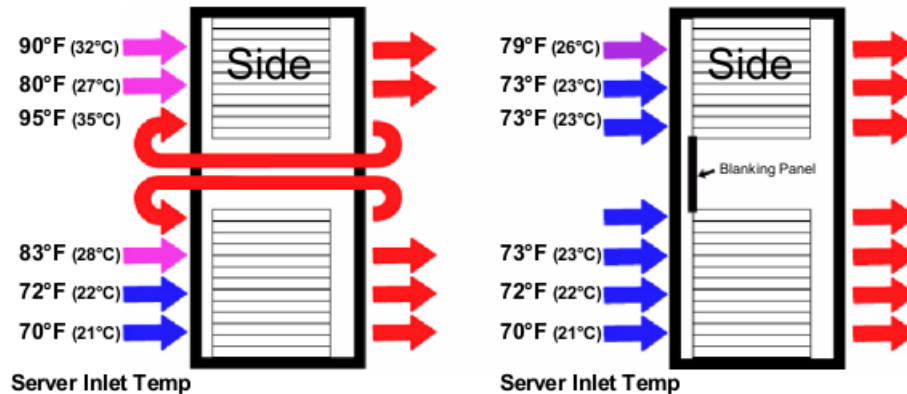


FIG. 12 – Effet de la fermeture de l'avant des baies sur la température des serveurs. APC, 2010

Gérer les systèmes d'air conditionné

Beaucoup de *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 doivent 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[14].

3.2.3 Augmenter la température des salles

La température des *datacenters* est traditionnellement fixée à 13 °. Cependant, il est possible de consommer moins d'énergie et de rendre le travail des employés plus confortable en augmentant la température. Cette pratique est fortement préconisée par le CoC. Les équipements peuvent être utilisés en toute sécurité entre 15 et 32 °. L'éventail recommandé par American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) est compris entre 18 et 27 ° pour les serveurs et les environnements de stockage.

Un gain d'électricité entre 2 et 4% peut être atteint pour une augmentation de la température de la pièce d'un degré.

Cependant, si la température est plus élevée, le délai de réaction maximum en cas de panne de climatisation est donc plus faible, car la température limite des matériels sera plus rapidement atteinte.

3.3 Au niveau de la partie informatique

Il y a beaucoup moins de bonnes pratiques au niveau du matériel informatique dans les *datacenters*. Les principaux points à relever sont l'arrêt du matériel non utilisé et la suppression

des matériels qui ne sont plus du tout utiles. Cela peut par exemple être le cas des serveurs de calcul qui ne nécessitent pas d'être disponibles 24h/24 7j/7.

3.3.1 Éteindre le matériel non utilisé

L'une des principales actions pouvant être mise en place est l'extinction des matériels (serveurs, actifs réseaux...), mais il faut donc que ce matériel le permette et donc d'acheter de nouveaux équipements. Beaucoup de serveurs installés dans les *datacenters* ne fonctionnent que par périodes de quelques dizaines de millisecondes, puis s'arrêtent pendant plusieurs centaines de millisecondes. Il serait possible de leur ajouter une couche logicielle qui les mettrait en mode « veille », ce qui entraînerait des économies d'électricité de l'ordre de 50%.

3.3.2 Supprimer les serveurs « zombies »

Au moins 15% des serveurs allumés en *datacenter* ne servent à rien. L'une des premières étapes consiste donc à identifier ces équipements et les éteindre. Ceux-ci représentent 4,75 millions de zombies[26].

La faute incombe aux outils de supervision qui ne sont pas adaptés. 72% d'entre eux se contentent de surveiller la charge des processeurs sans savoir à quoi elle correspond. De plus, 65% des administrateurs se sont aperçus, *a posteriori*, qu'ils avaient virtualisé des serveurs qui ne sont pas utilisés.

3.3.3 Activer les fonctionnalités de gestion d'énergie

Le processus de déploiement du matériel doit être modifié de manière formelle afin d'inclure l'activation des fonctionnalités de gestion d'énergie. Cela comprend la configuration au niveau du BIOS, du système d'exploitation et des pilotes.

Ce chapitre présente les principales bonnes pratiques à mettre en place dans un *datacenter* tant au niveau de l'infrastructure physique que de la partie informatique. La liste n'est évidemment pas exhaustive, mais ce sont celles que l'on retrouve le plus souvent dans les études sur le domaine et surtout celles qui sont les plus pertinentes, parfois au point de vue du rapide Retour Sur Investissement (ROI) ou de la simplicité de mise en place.

Nous allons maintenant voir qu'il y a aussi des actions à réaliser grâce à des technologies, complexes ou non, mais toujours avec de véritables gains au point de vue de l'optimisation des *datacenters*. Ces technologies sont mises en place dans les différentes parties du *datacenter*.

Les technologies permettant une meilleure efficacité

4.1 Au niveau du refroidissement

4.1.1 Compartimenter

Afin d'éviter de refroidir tout le *datacenter*, il est possible de compartimenter ces salles afin de maîtriser et concentrer les flux d'air chaud en provenance des serveurs dans un espace réduit et donc de faciliter son évacuation. Cette technique multiplie par 2 l'efficacité des systèmes de refroidissement, réduisant de près de 50% l'énergie nécessaire au maintien des serveurs à la température optimale de fonctionnement[23].

Par exemple, le Cube d'APC occupe 2 rangées de baies, avec une allée chaude confinée entre elles, permettant une optimisation de la circulation de l'air.

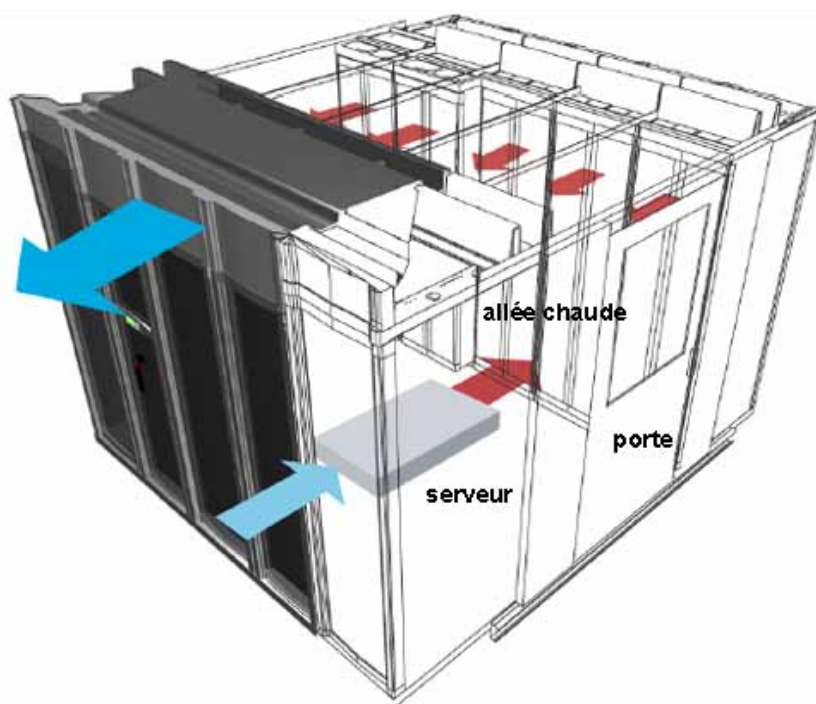


FIG. 13 – Baies compartimentées. APC, 2009

4.1.2 Le *free-cooling*

Un concept de plus en plus utilisé est le *free cooling*, ou refroidissement par l'air extérieur, qui utilise l'air extérieur¹ pour refroidir les *datacenters*. Par exemple, 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[6].

Lorsque la température à l'extérieur du *datacenter* se situe en-dessous de 10 °, 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. C'est notamment le cas dans les pays nordiques.

¹lorsque celui-ci est plus froid que l'air intérieur

4.1.3 Le *water-cooling*

Bien que certains décideurs soient encore hydrophobes, il apparaît de plus en plus de systèmes de refroidissement utilisant de l'eau, car ce système est très efficace.

Il a été mis en place un système permettant d'enfermer la carte mère du serveur dans un caisson étanche contenant de l'eau. Ce format garantit à la fois une grande efficacité thermique tout en conservant une excellente densité au m². Ce système permettrait de réduire les coûts de refroidissement de 93% par rapport à un système d'air froid. Pour un *datacenter* d'une puissance d'un MW, le budget annuel de refroidissement passerait de 788.400 à 52.560 dollars[30].

Un autre procédé consiste à équiper chaque carte mère de plusieurs blocks constitués d'un maillage de tuyaux en cuivre très fins. Ces tuyaux acheminent le liquide de refroidissement au plus près des points chauds du serveur[28].

Des projets de redistribution de la chaleur créée par les *datacenters* se développent. À Zurich, IBM chauffe l'eau de la piscine municipale voisine. Le circuit de *watercooling* pompe l'eau froide de la piscine. L'eau absorbe la chaleur des serveurs pour être renvoyée chaude vers la piscine [22].

4.2 Au niveau des équipements électriques

4.2.1 Supports d'alimentation

Contrairement à un onduleur individuel qui n'intervient qu'en cas de défaillance électrique, les Uninterruptible Power Systems, en français « système d'alimentation sans interruption » (UPS) sont traversés par la totalité du courant qu'ils sécurisent. Les derniers de ces systèmes permettent une réduction de 70 % des pertes de rendement par rapport aux modèles standards. Ceux-ci ont un double gain, vu que la chaleur dégagée de ces systèmes doit être refroidie et donc doubler leur coût. Le gain globale sur un *datacenter* avec ces systèmes est de l'ordre de 4 à 10 %[14].

4.2.2 Système d'éclairage

Un système permettant de n'utiliser la lumière que lorsqu'elle est nécessaire et utilisant un système plus efficient peut faire gagner jusqu'à 6% d'électricité dans un *datacenter*[14]. De plus, la puissance dégagée par la lumière doit aussi être refroidie, ce qui double le coût.

4.3 Au niveau des serveurs

4.3.1 La consolidation des serveurs

Elle permet de réduire le parc existant, en les mutualisant. Le rendement moyen des serveurs étant de 5 à 20% [5], il est souvent utile et préférable de les mutualiser. Ainsi, le taux d'utilisation des serveurs peut monter à environ 60%. L'augmentation de ce taux améliore l'efficacité générale de l'emploi des ressources et de l'usage du courant électrique.

Le schéma ci-dessous illustre un cas concret de consolidation vécu par un membre du CRIP :

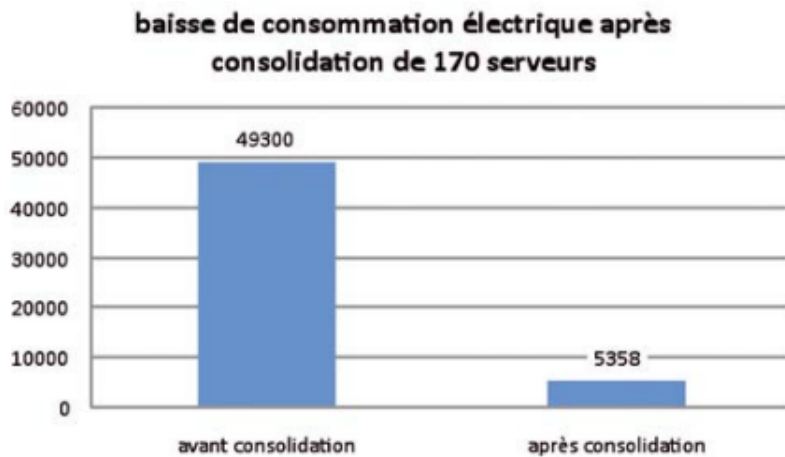


FIG. 14 – Cas concret après consolidation de 170 serveurs. *CRIP, 2009*

Le principal but de la consolidation est de baisser la consommation énergétique des *datacenters*. Cependant, cette pratique apporte aussi d'autres gains conséquents dans différents domaines :

- l'administration dynamique : ajout d'une couche logique faisant abstraction du matériel ;
- le passage de plusieurs systèmes de monitoring (dû à des systèmes hétérogènes) à une administration centralisée ;
- la maintenance : moins de supports matériels et logiciels différents ;
- le gain d'espace ;
- la réduction des systèmes d'alimentation ;
- la réduction des besoins en refroidissement.

La consolidation permet donc de préserver l'environnement logique au-dessus d'un contexte physique différent, mais un autre effet positif et non-négligeable d'une consolidation logique est de pouvoir réutiliser une partie du parc existant de serveurs.

Il faut toutefois noter que ces actions de consolidation se traduisent par une modification de la manière dont la dissipation de chaleur se fait dans la salle. Une plus haute densité de serveurs, même plus économes, provoque des points chauds nouveaux qui obligent à reconsidérer au minimum les réglages de climatisation et au maximum toute l'infrastructure physique.

De plus, bien que simplifiant l'organisation physique du parc, la consolidation implique une gestion plus fine et donc des administrateurs plus qualifiés.

Le paradigme « un service pour un serveur », et dorénavant « un service pour une machine virtuelle » entraîne une accumulation de services et d'Operating System, en français « Système d'Exploitation » (OS) sur une même machine. Or, ces OS consomment beaucoup de ressources et leur multiplication est parfois inutile. Il peut donc être pertinent de mettre un service par OS, pour se protéger d'effets de bords d'un service ou d'une incompatibilité avec d'autres services. Mais dans la plupart des autres cas, regrouper des services sur une même machine avec un seul OS, pourrait être plus judicieux et dans tous les cas plus économe.

Une dernière remarque concerne la haute disponibilité ou du moins la redondance des serveurs virtualisés. Les serveurs consolidés comprenant plus de services sont souvent plus critiques et nécessitent donc souvent un système de haute disponibilité, afin d'éviter des pannes potentielles. Ceci implique souvent de déboucler le matériel et donc déboucler la consommation électrique.

Cela montre que la consolidation doit être utilisée à bon escient et que le compromis efficacité énergétique et efficacité technique doit être réfléchi en amont.

4.3.2 Des processeurs à fréquence variable

La première étape consiste à attaquer le cœur du problème en se penchant sur le composant qui consomme le plus d'électricité : le microprocesseur du serveur. La bonne nouvelle est que, après des années à rechercher la performance pure à tout prix, les fabricants de processeurs ont compris qu'il fallait diminuer les besoins en courant électrique, ou tout au moins ne pas les augmenter, alors que les performances croissent.

Réservés aux processeurs relativement récent, des technologies permettent de diminuer la fréquence d'horloge du processeur en fonction de la charge du serveur (telle que l'EIST d'INTEL). En découle un abaissement de la tension du CPU et donc une économie d'énergie. Que ce soit un utilisateur sur son poste de travail ou un administrateur sur son serveur, le processeur n'est jamais continuellement exploité au maximum de ses capacités pour toutes les tâches. La plupart des serveurs n'ont que peu d'activité les heures non ouvrées par exemple.

L'abaissement de la fréquence des processeurs entraîne une réduction du refroidissement nécessaire et donc :

- une baisse de la consommation énergétique ;
- une diminution du bruit des ventilateurs ;
- une durée de vie des processeurs augmentée.

4.4 Au niveau du stockage

4.4.1 La déduplication des données

Cette fonctionnalité permet d'éliminer dans un même volume, tous les fichiers redondants pour n'en conserver qu'un seul avec les pointeurs associés. Il existe différents outils permettant de détecter des fichiers identiques. Ceci peut notamment être très pertinent dans le cas des serveurs de messagerie ou des serveurs de fichiers, où de nombreux fichiers identiques, bureautiques ou multimedia, occupent inutilement des volumes de données.

Celle-ci est principalement exploitée sur les systèmes de sauvegarde car elle utilise un grand nombre de cycles processeur et pourrait donc compromettre la performance du système de stockage en production. L'utilisation de la déduplication pourrait permettre d'économiser jusqu'à 90% du volume de données des systèmes de sauvegarde[1].

4.4.2 De nouveaux disques

De nouvelles technologies au niveau des disques de stockage se sont récemment développées, dont les consommations énergétiques sont plus efficaces. En voici un rapide tour d'horizons :

- Les disques Solid State Drive (SSD), utilisent de la mémoire flash et n'ont pas de composants mécaniques. Cependant, ils sont encore très chers.
- Les disques S-ATA « basse consommation », peuvent avoir une forte capacité, mais sont bien moins rapides que les SSD. Ils sont donc parfaits pour du stockage secondaire.
- De nouvelles technologies très prometteuses devraient apparaître d'ici 2012 avec des systèmes à mémoire vive persistante.

Il n'y a pas encore de disque paraissant idéal, il est donc nécessaire de choisir ses disques par rapport à leur utilisation.

4.4.3 Le Thin provisioning

C'est une allocation granulaire de capacité de stockage. Les mécanismes du Thin Provisioning reposent sur un concept simple : plutôt que d'attribuer ou de réserver dès le départ la capacité physique nécessaire à une application, au risque de se retrouver avec une partie inutilisée, la

capacité physique est allouée dynamiquement au fur et à mesure des besoins réels. Cette astuce permet une bien meilleure utilisation de la capacité disponible dans la baie. Elle permet aussi de démarrer en production avec un minimum de disques et de n'ajouter de nouvelles capacités qu'au fur et à mesure qu'apparaissent les besoins réels, ce qui est en phase avec les objectifs de réduction de la consommation dans les *datacenters*.

4.4.4 Technologie MAID

La technologie Massive Array of Idle Disks (MAID) permet d'arrêter les disques lorsqu'ils ne sont pas sollicités, soit environ 90% du temps. Cependant, cette technologie ne peut être utilisée que pour des systèmes utilisés occasionnellement. En effet, un temps d'accès plus long est nécessaire aux disques ayant été arrêtés.

4.4.5 La compression

La compression est utilisée dans la plupart des technologies d'échanges de données. Il existe 2 types de compression :

- sans perte ;
- avec perte.

La compression permet donc un gain d'énergie indirect, car elle permet d'utiliser moins de place, 30 à 50%[7], et donc d'avoir moins de disques de stockage et donc moins de consommation électrique. La compression sans perte, qui permet donc de retrouver sa donnée identique après décompression, paraît être une solution très pertinente à des problèmes de stockage, mais les actions de codage/décodage entraîne une baisse de performance lors de la lecture ou de l'écriture.

4.4.6 RAID 6

Le RAID 6 autorise la panne de 2 disques durs dans un groupe RAID sans perte de données, tout en préservant une performance acceptable, et ne nécessite pas un doublement de la volumétrie pour sa mise en œuvre, contrairement au RAID 10.

4.4.7 Clonage instantané

La fonctionnalité de snapshot consiste à prendre une « photo », un instantané d'un volume logique. Même s'ils enregistrent uniquement les modifications apportées au volume cible, on peut utiliser la fonctionnalité de snapshot quotidiennement comme un premier niveau de sauvegarde « locale » économique en espace et restaurable rapidement. L'avantage principal est de ne pas utiliser un système de sauvegarde supplémentaire pendant la journée et de laisser le dispositif de sauvegarde classique opérer la nuit. Les développements et tests font partie intégrante des activités du *datacenter* et peuvent demander d'importantes duplications de volumes de données pour réaliser leurs simulations. Certaines fonctionnalités permettent de créer des clones dynamiques de volume de données en ne consommant comme espace supplémentaire, que l'écriture des données modifiées et apportent un gain de volumétrie[7].

4.4.8 Combinaison de ces fonctionnalités

L'utilisation combinées des différentes technologies citées précédemment permet une optimisation de 50% de la volumétrie[2].

4.5 Les principales voies de développement à approfondir

Il y a aussi de nouvelles technologies qui seront peut-être intégrées aux *datacenters*, dans un avenir proche. Les technologies suivantes sont en plein essor et leur développement devrait apporter des contributions économiques significatives aux *datacenters* :

- refroidissement par trigénération, c'est un système de production d'énergie (en cycle combiné) et à très haut rendement, dépassant généralement 80% à 95 ;
- pile à combustible ;
- mémoire non-volatile (RRAM, PCRAM, CBRAM).

Par manque de temps, nous ne rentrerons pas plus dans le détail de ces innovations. Celles-ci permettront aux personnes intéressées d'aller plus loin dans les recherches.

On cherche principalement à réduire la consommation dans cette étude, mais il est aussi important de noter que le moyen de produire de l'électricité est aussi une problématique en lien avec le sujet.

4.5.1 Des énergies alternatives

Trouver de nouvelles sources d'énergie constitue un véritable défi à relever en particulier pour ceux qui ne peuvent pas installer leur *datacenter* en zone froide ou à côté de barrages hydro-électriques. Certaines entreprises remplissent leur devoir en envisageant de contrebalancer les émissions de CO₂ par des programmes de plantation d'arbres, alors que d'autres se penchent sur des sources d'énergies alternatives. L'énergie solaire, pour le moment onéreuse à l'acquisition et à l'installation, participe à réduire la facture énergétique. Au Royaume-Uni, Slough Heat and Power propose du courant issu de granulés et de fibres de bois. De façon plus notable, certaines entreprises à court terme vont se tourner vers le courant continu au niveau des baies dans le *datacenter*. Certains générateurs utilisent des cellules à base d'hydrogène ; enfin, nombreux sont ceux qui considèrent l'éthanol comme une technologie pour l'énergie des ordinateurs prometteuse sur le long terme.

4.5.2 Le Cloud est-il Green ?

L'une des utilités des *datacenters* dans l'avenir sera la fourniture de services sans distinction de la partie physique.

Depuis fin 2009, le *Cloud Computing* est devenu très populaire et d'ailleurs beaucoup d'acteurs des TIC considèrent l'année 2010 comme son année[9]. Certains affirment même déjà que le *Cloud Computing* participe au développement durable or, ceci n'a encore jamais été démontré[25].

Le principal avantage du *Cloud Computing* qui est souvent avancé, est qu'il permet de mutualiser les infrastructures d'un ou plusieurs acteurs et donc d'être plus flexible et optimisé. Or, ceci ne représente que le *Cloud Computing* public. Même dans ce cas, si l'infrastructure n'est pas utilisée à un bon rendement (par manque d'adhésion des clients ou un mauvais dimensionnement), le gain sur la mutualisation sera sans intérêt. Par exemple, dans le cas où le *cloud* est fourni sous forme de container, on peut supposer que l'optimisation est à son maximum, mais l'on peut se demander si les évolutions matérielles seront simples à intégrer (sans ajouter de nouveaux containers).

Les « nuages » consommeront 1.963 milliards de kWh en 2020. C'est autant que la France, l'Allemagne, le Canada et le Brésil réunis. Cette consommation électrique proviendra à 50% des centres informatiques (1.010 kWh) et à 50% de l'infrastructure télécoms et internet (950 kWh) nécessaire pour relier les internautes aux centres de données des géants du web[8].

Il y a donc différentes technologies qui peuvent être utilisées à des fins d'optimisation, mais celles-ci impliquent souvent un changement de matériels et donc des coûts, qui peuvent parfois être conséquents. Ces technologies, innovantes ou non, interviennent à différents niveaux et de différentes manières.

Le chapitre suivant va permettre de comprendre dans quels cas, il peut y avoir des améliorations tangibles à mettre en place et lesquelles sont les plus pertinentes à utiliser par rapport à l'existant.

Des améliorations, oui, mais pour quels *datacenters* ?

Entre les bonnes pratiques et les technologies participant à l'optimisation énergétique, il y a beaucoup d'actions possibles qui vont dans le bon sens. Cependant, il est important de repérer dans quels cas ces améliorations sont applicables et surtout dans quels cas elles sont pertinentes. Pour cela, j'ai défini trois scénarii, représentant les cas les plus probables et les plus différents les uns des autres. Dans les deux premiers cas, nous étudierons l'optimisation d'un *datacenter* déjà existant. Tout d'abord, dans le cas d'un *datacenter* de petite taille, puis dans le cas d'un grand *datacenter* (leurs caractéristiques seront définies ultérieurement). Nous verrons que les améliorations pouvant être apportées ne sont pas toujours les mêmes. Enfin, j'ai déterminé un dernier cas où l'on souhaite mettre en place un nouveau *datacenter* qui soit le plus efficient possible.

Les étapes préalables à une optimisation énergétique du *datacenter*, étudiées dans le chapitre 3, sont obligatoires à la bonne réalisation d'un tel projet. Celles-ci peuvent et doivent être utilisées quel que soit le type de *datacenter* et ne seront donc pas compris dans cette étude. De plus, le résultat financier de leur mise en application est difficilement définissable. En effet, les gains directs d'un audit ou de la mise en place de rapports réguliers ne sont pas visibles et ne peuvent donc pas être chiffrés.

Nous verrons que certaines évolutions ou bonnes pratiques ne peuvent pas toujours être utilisées. Et si elles le peuvent, celles-ci n'auront pas les mêmes impacts sur le système. Ceci nous permettra de mettre en application les améliorations définies dans les chapitres précédents.

Les données que j'ai récoltées viennent de différentes sources fiables. Cependant, l'accumulation de tous ces chiffres étant relativement approximatives, cette étude ne tiendra pas compte du coût de mise en place et d'exploitation de chacune des améliorations citées.

5.1 Classement des améliorations envisageables

Voici un tableau des améliorations que j'ai présentées précédemment. J'ai classé ces améliorations par domaine et par type de contribution. Bien que cette liste ne soit pas exhaustive, elle représente un panel des meilleures pratiques et technologies qui sont de véritables facteurs clés de l'optimisation et de la maîtrise énergétique d'un *datacenter*.

Je les ai classées par rapport à leurs types de contribution afin de nous donner une idée du scénario dans lequel on pourrait les appliquer.

Nous pouvons remarquer que la plupart de ces actions, que ce soit au niveau informatique ou infrastructure, agissent directement ou indirectement sur la réduction de la consommation énergétique, ce qui est plutôt logique. Cependant, un certain nombre sont liées à des réductions de chaleur ou d'espaces, ce qui peut être très utile dans le cas d'un *datacenter* à forte densité. Plus de la moitié de ces actions ont besoin d'un investissement direct qui ne sera pas toujours possible pour de petits *datacenters*.

Ce tableau va nous aider à définir dans quel(s) cas ces améliorations sont pertinentes. Voici maintenant les différents scénarii que j'ai pu étudier, l'important étant de comprendre les différentes actions que l'on peut appliquer à chacun.

5.2 1^{er} scénario

L'un des cas les plus répandus, notamment en Europe, est l'utilisation de *datacenters* considérés comme petits, avec une faible densité. Nous prendrons les critères suivants :

- surface = 100 m²
- nombre de baies = 40
- nombre de serveurs par baie = 5 (avec chacun une puissance de 500 W)
- puissance globale = 300 KW
- consommation annuelle = 2,6 GWh
- coût annuel = 286 000 €

Étant donné la taille de ce type de *datacenter*, on pourrait penser que leur consommation n'est pas excessive et n'est donc pas une problématique très significative. Cependant, ce type de *datacenters* rejette environ 10 tonnes équivalent carbone par an, soit autant que 10 petites voitures ou que 10 aller-retours Paris-Boston[29].

Dans ce cas, certaines améliorations ne peuvent pas être mises en place. En effet, il est facilement compréhensible que les améliorations liées à l'infrastructure de la salle, telles que l'augmentation du plancher surélevé, seront plus difficiles à mettre en place sur un système déjà existant.

De plus, cette taille réduite, a souvent pour conséquence un faible investissement dans des technologies efficaces. C'est pour cela que les premières modifications apportées seront probablement de bonnes pratiques. En effet, celles-ci peuvent être appliquées rapidement, souvent à moindre coût et ont généralement un ROI à très court terme.

Dans l'exemple suivant, nous passons d'une température ambiante de 22 à 24 °, soit avec une augmentation d'au moins 4% de la consommation électrique et nous appliquons les principales bonnes pratiques pouvant être mises en place à un coût très réduit. Nous appliquons aussi une consolidation des serveurs, qui est l'une des premières actions réalisées par les sociétés intervenant sur ce type d'opérations, quel que soit la taille du *datacenter*.

Voici un tableau récapitulant les principales améliorations qui pourront être mises en place dans ce type de *datacenters*, avec les gains envisageables :

Améliorations	Gains min.	Gains max.
Bien dimensionner l'infrastructure physique	10 %	30 %
Aménager des couloirs chauds-froids	2 %	6 %
Placer les dalles perforées	1 %	6 %
Fermer l'avant des baies	1 %	2 %
Gérer les systèmes d'air conditionné	4 %	25 %
Augmenter la température de la salle de 2 °	4 %	8 %
Supprimer les serveurs zombies	6 %	
Consolider les serveurs	10 %	40 %

FIG. 15 – Améliorations pertinentes dans le cas d'un petit *datacenter*.

J'ai récupéré certains chiffres de ce tableau à partir des livres blancs d'APC et validés par l'équipe *Green IT* de Bull. Pour la suppression des serveurs zombies, je me suis appuyé sur le chiffre de 15% de serveurs inutiles dans un *datacenter* et en ne prenant en compte que la partie de l'électricité consommée par les serveurs, soit moins de 44%.

Ce tableau nous donne une approximation de ce que l'on pourrait gagner si l'on appliquait des solutions efficaces pouvant être réalisées dans un *datacenter* de faible capacité. On peut s'apercevoir qu'il est important de travailler tant au niveau infrastructure physique qu'au niveau informatique et que les gains minimums accumulés sont très pertinents.

Je n'ai pas mentionné de gain total pour ce tableau, car il ne représenterait pas la réalité. Cependant, il est possible de se donner une idée de ce gain grâce à deux nouvelles entrées dans ce tableau. Pour cela, j'ai défini l'ordre d'application de chacune de ces étapes et en fractionnant le gain minimum de chacune d'entre elles par la consommation électrique totale après chaque étape. J'ai donc tout d'abord défini l'ordre de mise en place de chacune de ces bonnes pratiques, en étudiant différentes études et grâce à de conseils très pertinents d'un architecte système de Bull, Jez Wain. Ensuite, j'ai réalisé mes calculs, pour bien comprendre ma démarche, voici le détail de la 1^{re} étape.

J'ai choisi la bonne pratique « Installer des panneaux d'obturation de l'air » comme première amélioration à mettre en place, car elle est quasiment gratuite, est rapidement efficace et n'impacte aucune autre action. J'ai utilisé le pourcentage de son gain minimum, vu dans le tableau précédent, et je l'ai multiplié par la consommation annuelle afin d'obtenir le gain en mégawatt-heure et donc la consommation restante (2 574 MWh). J'ai fait le même calcul avec la seconde étape, mais en prenant la consommation restante (2 574 MWh) et non la consommation globale (2 600 MWh), et ainsi de suite.

5. Des améliorations, oui, mais pour quels *datacenters* ?

Étapes	Solutions à mettre en place	Gains min. (en %)	Conso. totale (en Mwh)
1	Installer des panneaux d'obturation de l'air	1	2600
2	Aménager des couloirs chauds-froids	2,5	2574
3	Placer les dalles perforées	1	2316,6
4	Supprimer les serveurs zombies	6,75	2270,27
5	Augmenter la température de la salle	2	2213,51
6	Gérer les systèmes d'air conditionné	4	2191,38
7	Consolidation des serveurs	10	2169,46
8	Bien dimensionner l'infrastructure physique	10	2082,68
TOTAL			1874,42

Coût de la consommation annuelle	283 400 €
Gains en pourcent	28%
Gains en euros	79 089 €

Le gain est donc au minimum de 28%¹, soit un total de quasiment 80 000 € par an. Dans la mesure où l'équipement ne varie pas.

Il est donc important de noter que le gain final dépend de l'ordre des étapes, celles-ci sont donc très importantes².

5.3 2^e scenario

Un cas principalement répandu aux États-Unis est l'utilisation de grands *datacenters*, ayant la structure suivante :

- surface = 1 000 m²
- nombre de baies = 400
- nombre de serveurs par baie = 6 (avec chacun une puissance de 500 W)
- puissance globale = 3,6 MW
- consommation annuelle = 32 GWh
- coût annuel = 3 500 000 €

On peut considérer que les bonnes pratiques et solutions mises en place dans le 1^{er} scenario sont déjà existantes dans un *datacenter* de grande taille, bien que cela ne soit bien entendu pas toujours le cas. Nous ne prendrons donc pas en compte celles-ci dans le tableau suivant :

¹Rappel : le calcul a été effectué avec les gains minimum de chaque action et est donc la vision la moins optimiste.

²L'ordre de ces étapes, bien que subjectif a été validé par plusieurs experts.

Améliorations	Gains min.	Gains max.
Augmenter la taille les faux planchers	2,5 %	6 %
Mise en place d'une lumière efficiente	1 %	3 %
Fonctionnalités au niveau du stockage	2 %	
Équipements électriques plus efficaces	4 %	10 %

FIG. 16 – Améliorations pertinentes dans le cas d'un grand *datacenter*.

Ces améliorations ne sont considérées comme pertinentes que dans ce second cas, car celles-ci reviendraient trop chères par rapport au coût de la consommation d'un petit *datacenter*.

Nous n'utiliserons pas toutes les technologies citées précédemment, mais simplement les principales avec des chiffres exacts. Les gains minima peuvent paraître faibles, mais sur la facture d'un grand *datacenter*, ceux-ci deviennent très importants. Par exemple, dans le cas d'un *datacenter* d'une consommation annuelle de 32 GWh, le coût est de 3,5 millions d'euros.

Étapes	Solutions à mettre en place	Gains min. (en %)	Conso. totale (en Mwh)
1	Augmenter la taille les faux planchers	2,5	32000
2	Système d'éclairage efficient	1	31200
3	Équipements électriques plus efficaces	4	30888
4	Fonctionnalités au niveau du stockage	2	29652,48
TOTAL			29059,43

Coût de la consommation annuelle	3 488 000 €
Gains en pourcent	9%
Gains en euros	320 522 €

5.4 3^e scenario

Nous allons maintenant voir comment la mise en place d'un nouveau *datacenter* peut être la plus efficiente possible. Cela est dorénavant très souvent demandé, à cause des problématiques évoquées dans notre 1^{er} chapitre. Dans cette situation, toutes les possibilités sont imaginables, à partir du moment où l'on peut en calculer le ROI et que celui-ci soit naturellement convainquant. Le principal mot d'ordre à retenir lors la construction d'un nouveau *datacenter*, est de penser l'architecture globalement et non par morceaux.

Pour cela, il est impératif de respecter les règles suivantes :

- que tous les éléments du *datacenter* puissent remonter leurs consommations énergétiques et leurs performances, en temps réel et non, afin de pouvoir utiliser le minimum d'énergie nécessaire à la charge de travail ;
- que des rapports et des tableaux de bord de tous ces éléments puissent être mis en place afin de définir les maxima et minima de leur énergie utilisée et de leur niveau de performance ;
- que tous ces éléments utilisent des infrastructures de management améliorées et interopérables ;

5. Des améliorations, oui, mais pour quels *datacenters* ?

- que les opérations de récolte d'informations soient automatisées à tous les niveaux par des politiques fixées préalablement via les infrastructures de management.

D'ici 2011, un guide pour le design d'un nouveau *datacenter* prendra en compte tous les éléments informatiques ainsi que l'infrastructure physique[13].

Si l'on prend l'exemple du *free-cooling*, celui-ci, comme certaines autres installations issues du *Green IT*, nécessitent en effet une prise en compte très en amont. Il est donc plus simple, et moins coûteux surtout, de les envisager avant même la construction d'un centre de données. Le Green Grid a mis en place un calculateur approximatif du gain pouvant être réalisé par le *free-cooling*, par rapport à différents critères[31]. Pour l'exemple, j'ai choisi les critères suivants :

- lieu : Grenoble ;
- température maximum pour l'utilisation du *free-cooling* : 15 ° ;
- puissance du *datacenter* : 1 MW (avec les options du support par défaut) ;
- le coût de l'électricité en France : 0.109 €/kWh.

Nous arrivons à un gain de 260 000 €, soit environ 25% d'économies réalisées (avec une consommation de 8 760 kWh par an).

Il est aussi possible de redistribuer la chaleur créée par le *datacenter*, pour des bureaux, des foyers ou encore chauffer une piscine.

Cette étude de 3 cas distincts nous donne une vision des différentes actions qui peuvent être mises en place dans un *datacenter*. Voici un tableau récapitulatif de ces actions par rapport aux cas dans lesquelles elles peuvent être mises en place :

	Solutions à mettre en place	Petit DC existant	Grand DC existant	Nouveau DC
Étapes préalables	Audit énergétique	X	X	X
	Reporting et management énergétique	X	X	X
	Utiliser la Haute Disponibilité avec parcimonie	X	X	X
	Intégrer de critères verts dans les appels d'offre	X	X	X
	Acheter labellisé	X	X	X
Bonnes pratiques	Bien dimensionner l'infrastructure physique	X	X	X
	Augmenter la taille des faux planchers			
	Aménager des couloirs chauds-froids	X	X	X
	Placer les dalles perforées	X	X	X
	Installer des panneaux d'obturation de l'air	X	X	X
	Gérer les systèmes d'air conditionné	X	X	X
	Augmenter la température	X	X	X
	Veille automatique des serveurs		X	X
Supprimer les serveurs zombies	X	X		
Technologies efficaces	Compartimenter	X	X	X
	Free-cooling			X
	Water-cooling		X	X
	Système d'éclairage efficient		X	X
	Équipements électriques plus efficaces		X	X
	Consolidation des serveurs	X	X	X
	Processeur basse consommation		X	X
	Fonctionnalités au niveau du stockage		X	X

Bien entendu, les cases vides ne signifient pas qu'il est impossible d'utiliser ces actions, mais que pour des raisons de coûts ou de possibilités au niveau de l'infrastructure, ceci est peu probable³.

³Les cases grises signifient « ne rentre pas dans ce cas ».



Conclusion

Étant donné la jeunesse, la complexité et l'étendue des sujets liés aux problématiques énergétiques des *datacenters*, cette étude a été difficile à réaliser. Elle nous permet de démystifier la boîte noire que sont les *datacenters* pour la plupart des utilisateurs (et pour encore certains professionnels de l'informatique). Ceci en travaillant sur l'axe de la consommation énergétique qui est de plus en plus mis en avant.

Nous avons pu découvrir les deux principales causes de la forte consommation énergétique des *datacenters* qui sont l'augmentation de la densité de ces derniers et l'accroissement des services demandés par ceux-ci.

Il existe différents axes permettant d'optimiser les *datacenters*, mais avant de mettre en place de nouvelles mesures, il est primordial de mieux connaître son *datacenter*, grâce à des actions en amont permettant d'évaluer l'état de santé de celui-ci.

Nous avons pu voir les différentes pratiques intelligentes permettant de réduire le coût énergétique. Celles-ci sont parfois peu coûteuses, souvent rapide à mettre en place et toujours très utiles. Elles sont de base peu utilisées par manque de connaissance des responsables et parce que le sujet est encore jeune. En effet, l'optimisation énergétique n'est entrée dans le domaine informatique que depuis quelques années et l'on commence tout juste à se poser les bonnes questions.

Certaines solutions techniques permettent aussi une plus grande efficacité, mais il y a encore une grande marge de progression. Et nous avons pu voir dans cette étude de cas que pour l'instant les évolutions avec les meilleurs gains sont issues de bonnes pratiques. Ceci montre que nous pouvons optimiser les *datacenters*, rapidement, mais aussi que nous partons de loin car ces bonnes pratiques devraient dorénavant être standardisées.

La consommation électrique étant partagée entre l'architecture informatique et l'infrastructure physique, nous pouvons en conclure qu'un projet d'optimisation d'un *datacenter* doit combiner une approche sur ces deux axes, spécifiquement lors de la création d'un nouveau *datacenter*. Les évolutions de *datacenters* déjà existants ou la mise en place de nouveaux *datacenters* ne doivent plus être pensées dans le seul but de la performance, mais aussi et surtout au point de vue énergétique. Un changement de comportement est donc nécessaire.

Une fois que l'on s'est posé les bonnes questions et que l'on souhaite réellement y répondre, de nouveaux horizons apparaissent permettant d'envisager des *datacenters* moins énergivores. La mise en place de toutes ces avancées technologiques doit être réalisée dans le but de réduire les coûts, mais aussi afin de promouvoir ces bonnes pratiques et ainsi de permettre d'en développer de nouvelles.

Toutes ces actions ne peuvent être prises en connaissance de causes que par des personnes formées globalement au *Green IT*, avec une épuration des discours marketing. Et donc, à l'instar du *Green IT*, l'élément qui permettra un véritable mouvement dans ce sens, réside dans la responsabilisation de chacun.

Annexes



Table des annexes

A	Guides et labels	43
A.1	Le Code de Conduite de l'Union Européenne	43
A.2	GreenEthiquette	43
A.3	SNIA	43
A.4	The Green Grid	44
B	Bénéfice économique du bon dimensionnement d'un <i>datacenter</i>	45
C	Économies réalisées grâce au <i>free-cooling</i>	47

Guides et labels

Voici les guides et labels spécifiques aux consommations énergétiques des *datacenters*.

A.1 Le Code de Conduite de l'Union Européenne

Le Centre commun de recherche de l'Union Européenne (EU-JRC) a mis en place en novembre 2008, un Code de Conduite sur les *datacenters* centré sur les économies d'énergie. Ce code est un programme d'envergure mondiale reposant sur les contributions de fournisseurs, d'experts industriels, de chercheurs et d'opérateurs de *datacenters*[21].

Le Code de Conduite précise les principes généraux et les actions concrètes qui doivent être appliquées par tous les acteurs qui interviennent dans les *datacenters* installés en Europe. Cela pour un usage efficace de l'énergie, sans compromettre la fiabilité et la continuité des services fournis par les *datacenters*.

Il est à noter que la signature du Code de Conduite est un engagement moral. L'entreprise s'engage à promouvoir les meilleures pratiques en matière de gestion de l'énergie au sein des centres informatiques. APC s'engage également à inciter les entreprises à suivre cette démarche éco-responsable.

On peut appartenir au Code de Conduite même si on n'a pas d'influence sur la partie infrastructure du *datacenter*. Dans ce cas, il est nécessaire que l'organisation signataire, réponde au minimum nécessaire des parties qu'elle a sous contrôle (logiciels, matériels informatiques, équipements électriques...).

A.2 GreenEthiquette

C'est une charte de bonne conduite pour les utilisateurs de *datacenters*, initiative de la société française Business & Decision. Elle est publiée sous licence Creative Commons. Cette charte s'adresse autant aux fournisseurs qu'aux utilisateurs de services en ligne hébergés par un *datacenters*.

Greenethiquette oblige l'hébergeur à signer le code de conduite européen pour les *datacenters* et à s'approvisionner en serveurs compatibles 80plus (au travers d'une participation à Climate Savers Computing Initiative). Elle l'oblige aussi à fournir des certificats de traçabilité pour le recyclage des serveurs et à rendre des comptes à son client (PUE, taux d'occupation des serveurs). Enfin, il souhaite passer le relais à une organisation neutre.

A.3 SNIA

Le Storage Network Industry Association (SNIA) est une association réunissant plus de 400 membres à travers le monde et représentant l'industrie du stockage. Sa mission est de conduire l'industrie à développer et promouvoir des standards, des technologies et des services éducatifs aptes à améliorer les performances d'une organisation en matière de gestion de l'information.

A.4 The Green Grid

La fondation *The Green Grid*, dont nous avons déjà parlé, proposera bientôt un éco-label spécifique, calqué sur *Energy Star* et *Epeat*[20].

B

Bénéfice économique du bon dimensionnement d'un *datacenter*

	Baseline case	Right-sized	Comments
IT electricity	\$9,600	\$9,600	Assuming \$0.12 per kW hour
DCPI proportional loss	\$960	\$960	
DCPI fixed losses	\$12,800	\$3,840	Structural avoidance allows reduction in capacity-related electrical consumption
DCPI capital cost	\$13,330	\$4,000	Structural avoidance allows reduction in capacity equipment
DCPI operating cost	\$6,667	\$2,000	Reduction in equipment reduces operating expenses such as maintenance
Total DCPI electrical cost	\$13,760	\$4,800	Total fixed and proportional losses
Total electrical cost (DCPI + IT)	\$23,360	\$14,400	
Total 10-yr. TCO	\$43,360	\$20,400	Including DCPI power and cooling capacity and power consumption expenses

FIG. 17 – Bénéfice économique du bon dimensionnement d'un *datacenter*. APC, 2010

C

Économies réalisées grâce au *free-cooling*



Free-Cooling Estimated Savings

COUNTRY: FRANCE CITY: Grenoble, LFLS

DEGREES IN: FAHRENHEIT CELSIUS

ALLOW MIXING OF SUPPLY AND RETURN AIR ALLOW HUMIDIFICATION

MAX LIMIT MIN LIMIT

DRYBULB TEMP THRESHOLD (DEG): ? 25.0 NONE

DEWPOINT TEMP THRESHOLD (DEG): ? 15.0 NONE

REL. HUMIDITY THRESHOLD (%): ? NONE

DESIRED CHILLED WATER TEMP (DEG): ? 13.0

COOLING SYSTEM APPROACH TEMP (DEG): ? 3.0

DATA CENTER IT POWER (kW): ? 1000

POWER USAGE EFFECTIVENESS (PUE): ? 1.6

TOTAL FACILITY POWER (kW): ? 1600

OVERHEAD POWER (kW): ? 600

PERCENT OF OVERHEAD POWER FOR COOLING SYSTEM (%): ? 80 % 480 kW

PERCENT OF COOLING SYSTEM POWER FOR CHILLER (%): ? 40 % 192 kW

PERCENT OF COOLING SYSTEM POWER FOR TOWER (%): ? 40 % 192 kW

PERCENT OF COOLING SYSTEM POWER FOR PUMPS/FANS (%): ? 20 % 96 kW

PERCENT OF OVERHEAD POWER FOR POWER LOSSES and LIGHTING (%): ? 20 % 120 kW

ELECTRIC COST (€ per kWh) ? 0.109

HOURS MEETING CRITERIA FOR FREE-AIR COOLING: 7864

ESTIMATED SAVINGS USING FREE-AIR COOLING: € 260,000

HOURS MEETING CRITERIA FOR WATER SIDE ECONOMIZER: 4824

ESTIMATED SAVINGS USING WATER SIDE ECONOMIZER: € 160,000

CALCULATE
RESET FORM
HELP
[Comment Now](#)



WEATHERBANK, INC.

FIG. 18 – Exemple de calcul de l'économie réalisée grâce au *free-cooling*. *The Green Grid, 2009*



Bibliographie

Références de livres

- [1] Acronis. *Libre Blanc - Quels avantages la déduplication offre-t-elle aux entreprises ?* 2009.
- [2] YODER Alan. *Green Storage Technologies*. SNIA, 2010.
- [3] COHEN André. *L'efficacité énergétique - Green IT*. Bull, sept. 2009.
- [4] BELADY Christian, RAWSON Andy, PFLEUGER John, et al. *White Paper - Green Grid data center power efficiency metrics : PUE and DCiE*. the green grid, 2008.
- [5] CORNE Christophe, PORCHERON Adrien, GUY Pénélope, et al. *Green IT - Les meilleures pratiques pour une informatique verte*. Dunod, sept. 2009. ISBN : 9782100530823.
- [6] ATWOOD Don and MINER John G. *Reducing Data Center Cost with an Air Economizer*. Intel, août 2008.
- [7] LAURA Frédéric. *Green Storage : Enjeux et Facteurs clés de succès*. HEC & Bull, 2009.
- [8] GreenPeace. *SMART 2020 : Enabling the low carbon economy in the information age*. The Climate Group & GeSI, 2008.
- [9] GreenPeace. *Make IT Green - Cloud Computing and its contribution to climate change*. mars 2010.
- [10] CORDIER Grégory. *Le Green IT*, avril 2010.
- [11] Uptime Institute. *Revolutionizing Data Center Efficiency*. Uptime Institute & Mc Kinsey, 2008.
- [12] Uptime Institute. *Datacenter site Infrastructure Tier Standard : Topology*. Uptime Institute Professional Services, LLC, 2010.
- [13] HAAS John, PIERCE Tony, and Eddie SCHUTTER. *Data Center Design Guide Program Overview*. The Green Grid, 2009.
- [14] RASMUSSEN Neil. *Implementing Energy Efficient Data Centers - White Paper 114 - Rev.1*. APC, 2010.
- [15] WYMAN Oliver. *Making Green IT a Reality*. NetApp, dec. 2007.
- [16] CATTIER Paul-François, COMBES Murielle, PERROCHAT Jacques, et al. *Datacenters - Une chance pour la France*. France for Datacenters, 2010.
- [17] HANNAFORD Peter. *Ten Cooling Solutions to Support High-density Server Deployment - White Paper 42 - Rev.4*. APC, 2010.
- [18] Duquesne Research. *DATACENTER - Analyse et tendance, vers le Datacenter idéal*. CRIP, mai 2009.
- [19] SULLIVAN Robert F. *Alternating Cold and Hot Aisles Provides More Reliable Cooling for Server Farms*. The Uptime Institute, Inc.® , 2002.

Références du web

- [20] Grid datacenter. Un éco-label pour les datacenters, vu en mars. 2010. <http://griddatacenter.org/un-eco-label-pour-les-datacenters/>.
- [21] CNRS et RESINFO. Ecoinfo, vu en oct. 2009. <http://www.eco-info.cnrs.fr/>.
- [22] BORDAGE Frédéric. Ibm allie green it et intérêt public, vu en déc. 2009. <http://www.greenit.fr/article/materiel/serveur/ibm-allie-green-it-et-interet-public>.
- [23] BORDAGE Frédéric. Datacenter : Internet fr économise 80% de consommation en climatisation, vu en avril 2010. <http://www.zdnet.fr/blogs/greenit/datacenter-internet-fr-economise-80-de-consommation-en-climatisation-39601796.htm>.
- [24] BORDAGE Frédéric. Développement durable : les dsi prennent l'initiative, vu en juin 2010. <http://www.01net.com/editorial/351598/developpement-durable-les-dsi-prennent-linitiative/>.
- [25] BORDAGE Frédéric. Le cloud computing participerait au développement durable, vu en jan. 2010. <http://www.greenit.fr/article/acteurs/hebergeur/le-cloud-computing-participerait-au-developpement-durable>.
- [26] BORDAGE Frédéric. Les serveurs consomment 7 milliards de kwh inutilement, vu en juin 2010. <http://www.greenit.fr/article/materiel/serveur/les-serveurs-consomment-7-milliards-de-kwh-inutilement>.
- [27] BORDAGE Frédéric. L'australie met au point de nouveaux indicateurs d'efficience énergétique, vu en mai 2010. [http://www.greenit.fr/article/materiel/serveur/l-australie-met-au-point-de-nouveaux-indicateurs-d-efficience-energetique?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+GreenIT+\(GreenIT\)\&utm_content=FeedBurner](http://www.greenit.fr/article/materiel/serveur/l-australie-met-au-point-de-nouveaux-indicateurs-d-efficience-energetique?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+GreenIT+(GreenIT)\&utm_content=FeedBurner).
- [28] BORDAGE Frédéric. Power 575 : Ibm introduit le watercooling dans les datacenters, vu en jan. 2010. <http://www.greenit.fr/article/materiel/serveur/power-575-ibm-introduit-le-watercooling-dans-les-datacenters>.
- [29] BORDAGE Frédéric. Un petit datacenter rejette autant de co₂ que 10 voitures, vu en avril 2010. <http://www.greenit.fr/article/energie/un-petit-datacenter-rejette-autant-de-co2-que-10-voitures>.
- [30] BORDAGE Frédéric. Water cooling : Icebox baisse le coût de refroidissement de 93%!, vu en jan. 2010. <http://www.greenit.fr/article/materiel/serveur/water-cooling-icebox-baisse-le-cout-de-refroidissement-de-93>.
- [31] The Green Grid. Free-cooling estimated savings, vu en juin 2010. http://cooling.thegreengrid.org/europe/WEB_APP/calc_index_EU.html.
- [32] HENNO Jacques. « data centers » : les défis de la sobriété, vu en avril 2010. <http://www.lesechos.fr/info/energie/020454595569.htm>.
- [33] HAAS Jon, MONROE Mark, PFLUEGER John, et al. Proxy proposals for measuring data center productivity, vu en mai 2010. <http://www.thegreengrid.org/en/Global/Content/white-papers/Proxy-Proposals-for-Measuring-Data-Center-Efficiency>.
- [34] LABAUME Tristan. Faut-il choisir entre disponibilité du datacenter et pue?, vu en déc. 2009. <http://www.greenit.fr/article/energie/faut-il-choisir-entre-disponibilite-du-datacenter-et-pue>.



Glossaire

CAPEX

Capital Expenditure ou en français Charges d'Investissement.

Haute disponibilité

Dispositions visant à garantir la disponibilité d'un service, c'est-à-dire assurer le bon fonctionnement d'un service 24H/24.

OPEX

Operational Expenditure ou en français Charges d'Exploitation.

Snapshot

est une copie instantanée utilisée à des fins de sauvegardes.

Surallocation

ou « over-provision » est une réserve de volumétrie anticipant les besoins d'une application.



Index

ASHRAE, 19

Cloud Computing, 26

CoC, 16, 19

CRIP, 9

DAS, 3

Datacenter, ix, xi, 1–13, 15–23, 25, 26, 29, 31–
35, 37, 43, 45, 54

DCiE, 11

DSI, 6

Green IT, ix, xi, 3, 32, 35, 37, 54

Haute disponibilité, 23

MAID, 25

NAS, 3

OS, 23

PRA, 4

PUE, 11–13

ROI, 20, 31, 34

SAN, 3

SI, xi, 1

snapshot, 4

SNIA, 43

SPOF, 13

SSD, 24

surallocation, 4

TIC, xi, 2, 6–8, 26

TIER, 12

UPS, 22

WWW, 9



Grégory Cordier

RÉSUMÉ

Comment maîtriser et optimiser les dépenses énergétiques des *datacenters* ?

Cet ouvrage est une analyse des différentes problématiques qu'il faut connaître et comprendre afin d'aboutir à un *datacenter* maîtrisé et optimisé énergétiquement. Il n'a pas pour but de faire l'éloge du *Green IT*, mais plutôt de tenter de réduire ses coûts.

« La nature a bon dos, s'amuse le responsable informatique d'une entreprise du CAC 40. Ce qui m'intéresse, c'est de faire des économies sur mes centres de données. Après, tant mieux si les mesures que je prends ont un impact positif sur l'environnement... »[32]

Mots clefs : *datacenter*, consommation énergétique, serveur, stockage, refroidissement, disponibilité, PUE/DCiE, électricité.

ABSTRACT

How to control and optimise datacenters expenses from energy ?

This work is an analysis of different problematics that you must know and understand in order to succeed to a controled and optimised *datacenter*. His goal is not to do Green IT great credit, but rather to reduice this costs.

Keywords : datacenter, energy consumption, server, storage, cooling, availability, PUE/DCiE, power.