



**Conseil Général de l'Industrie,  
de l'Énergie et des Technologies**

120, rue de Bercy  
Bât. Necker – Teledoc 792  
75572 Paris Cedex 12

N° 2009/05/CGIET/SG

## **RAPPORT**

### **« Développement Eco-responsable et TIC (DETIC) »**

établi par

Michel PETIT  
Président

Henri BREUIL  
Rapporteur

Jean CUEUGNIET  
Rapporteur

Septembre 2009

# Sommaire

<b>SYNTHESE</b> .....	<b>1</b>
<b>1 INTRODUCTION</b> .....	<b>6</b>
<b>2 LA RECHERCHE ET L'INNOVATION</b> .....	<b>8</b>
<b>3 REFERENTIELS : LA MESURE ET LA NORMALISATION</b> .....	<b>10</b>
<b>4 LES USAGES</b> .....	<b>12</b>
4.1 Usages professionnels.....	12
4.2 Usages grand public et information des consommateurs et utilisateurs .....	13
<b>5 LA FORMATION</b> .....	<b>15</b>
<b>6 AVOIR UNE ACTION EXEMPLAIRE AU NIVEAU DE L'ÉTAT ET DES COLLECTIVITES LOCALES</b> .....	<b>16</b>
<b>7 FAVORISER LE DEVELOPPEMENT ET L'UTILISATION DE NOUVEAUX COMPOSANTS</b> .....	<b>17</b>
<b>8 FAVORISER L'INSTALLATION DES CENTRES DE DONNEES EN FRANCE DANS UN TRIPLE OBJECTIF DE DEVELOPPEMENT DURABLE, DE COMPETITIVITE DE LA FRANCE ET D'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE</b> .....	<b>18</b>
<b>9 MENER UNE REFLEXION SUR LES CENTRES DE DONNEES DU FUTUR (DATACENTER 2020)</b> .....	<b>20</b>
<b>10 FAVORISER LE TRAVAIL A DISTANCE DANS UN DOUBLE BUT ECOLOGIQUE ET D'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE</b> .....	<b>22</b>
<b>11 DANS LE DOMAINE BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS, OPTIMISER DES LA CONCEPTION</b> .....	<b>23</b>
<b>12 DANS LE DOMAINE BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS, MAITRISER L'USAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE</b> .....	<b>24</b>
<b>13 OPTIMISER TRANSPORT ET LOGISTIQUE</b> .....	<b>25</b>
<b>14 ÉVALUATION DE L'EMPREINTE CARBONE DE L'ENTREPRISE</b> .....	<b>26</b>
<b>15 DEMATERIALISATION</b> .....	<b>27</b>
<b>16 CONCLUSION</b> .....	<b>28</b>
<b>ANNEXE : MEMBRES DU GROUPE PLENIER</b> .....	<b>29</b>

## SYNTHESE

Créé à la demande de Mme Christine Lagarde, Ministre de l'économie de l'industrie et de l'emploi, et en accord avec M. Jean-Louis Borloo, Ministre d'Etat, le groupe de travail « Développement Eco-responsable et TIC » (DETIC) s'est efforcé de prolonger les travaux précédents sur ce sujet<sup>1</sup> et d'explorer aussi largement que possible les actions concertées envisageables par les pouvoirs publics, les parties prenantes du secteur des TIC et les utilisateurs.

Il a rassemblé un grand nombre de participants, dans le cadre d'un groupe plénier, et de trois ateliers, plus spécialement chargés

- des composants (atelier 1) ;
- des centres de calcul (atelier 2) ;
- de l'appropriation des TIC par les entreprises, PME en particulier, afin de réduire leur empreinte écologique (atelier 3).

Le groupe a recherché le consensus et, notamment dans l'atelier 3, a donné une large place à l'information des acteurs et à la concertation, en impliquant les grands donneurs d'ordres, les fédérations professionnelles et les consommateurs.

Le présent rapport est constitué des rapports des trois ateliers, précédé d'un rapport du groupe plénier qui en reprend les recommandations principales.

Un certain nombre de points généraux concernent tous les ateliers.

- Les progrès techniques réguliers dans le domaine des composants ont permis la conception de produits toujours plus efficaces énergétiquement et dont la diffusion est favorable à l'environnement. Néanmoins, malgré ces gains importants, la croissance importante et rapide de la société « numérique » fait qu'une part non négligeable de la consommation électrique française est aujourd'hui consacrée à son fonctionnement. Cela justifie le fait que les démarches de progrès et de sobriété dans l'industrie des TIC soient maintenues, voire amplifiées, et qu'une démarche analytique des projets intégrant les TIC soit menée.
- Il convient donc d'encourager la recherche et l'innovation dans ce domaine, en particulier via des programmes européens (EUREKA), communautaires (PCRDT, FEDER), ou l'utilisation du Crédit Impôt Recherche (CIR).
- L'accent a, en outre, été mis sur la nécessité d'une approche systémique et sur l'intérêt de développer des logiciels qui optimisent le besoin en matériel associé.
- Cette orientation, combinée à une forte demande de compétences dans ce domaine stratégique pour l'avenir, requiert une évolution appropriée des formations initiales et continues d'ingénieurs et de techniciens et leur sensibilisation à la problématique de l'éco-conception.

---

<sup>1</sup> Notamment le plan France Numérique 2012, les résultats des ateliers du MEDEF, le rapport CGTI/ CGEDD/ Arcep...

- Un travail de normalisation internationale doit parallèlement être poursuivi, voire amplifié, ainsi que le soutien aux écolabels. Il est nécessaire de savoir évaluer pour faire progresser les concepts.
- L'aspect usages doit être pris en compte et le groupe préconise de faire la promotion des produits et solutions TIC écologiques auprès des professionnels (via le programme TICPME 2010, via la diffusion de guides par les fédérations professionnelles, et via la commande publique), ainsi que de donner au grand public les informations lui permettant d'agir (publication de guides de bonnes pratiques, affichage des performances énergétiques des produits comme cela est déjà pratiqué pour les produits blancs).

Plus spécifiquement, une démarche de développement et de modernisation des centres de données est en cours au niveau mondial, et il convient de favoriser les techniques les plus modernes, en encourageant par des incitations fiscales les centres de données innovants. Dès lors que ce secteur est stratégique pour l'avenir, la France qui possède une énergie peu carbonée devrait mieux tirer parti de ses avantages compétitifs dans le domaine (tarifs, qualité des réseaux, compétences disponibles) pour favoriser l'installation de centres de données en France et contribuer ainsi à sa croissance et à l'aménagement de son territoire.

Il apparaît en outre que la diffusion de l'usage des TIC participe largement au développement d'une société plus éco-responsable. Dans ce contexte, un certain nombre de recommandations visent à un usage accru des TIC :

- Favoriser le travail à distance dans un double but écologique et d'aménagement du territoire, et en particulier, promouvoir les télécentres, notamment par un soutien à leur démarrage et par la production de normes d'interopérabilité et d'ergonomie
- Dans le domaine de la construction, promouvoir l'utilisation de la maquette numérique normalisée des bâtiments et des quartiers, tant dans la phase de conception que dans celle de l'exploitation, aux fins d'optimiser leur consommation d'énergie  
L'utilisation d'outils performants et intelligents doit également permettre d'optimiser les consommations énergétiques, de même que le déploiement de réseaux domiciliaires et leurs interfaçages avec des « compteurs intelligents ». Il conviendra de favoriser un travail de normalisation internationale garant de la future interopérabilité de ces réseaux domiciliaires.
- Dans le domaine des transports et de la logistique, l'utilisation des systèmes de gestion optimisée des biens transportés et des déplacements (optimisation des chargements, des itinéraires...) et la normalisation des étiquettes électroniques devraient avoir un impact substantiel sur l'environnement.

La démarche de dématérialisation des échanges d'information, et des procédures administratives doit être poursuivie.

- Enfin, l'action de l'Etat et des collectivités locales peut être exemplaire et s'avérer comme un levier fort pour favoriser l'ensemble des actions préconisées par le groupe.

Ce rapport identifie un certain nombre de pistes prometteuses qu'il convient d'explorer. Il constitue donc le début d'un processus et non son aboutissement.

\* \* \* \*

## LISTE DES RECOMMANDATIONS

### Recommandation 1 :

*Mettre en place une politique d'accompagnement de l'industrie des TIC pour des composants et des produits plus durables*

- *en mettant à profit les programmes mobilisables tels que PCRDT, FEDER, EUREKA, ITEA ;*
- *en incluant des critères écologiques dans les sélections de projets innovants (OSEO...);*
- *en privilégiant l'interopérabilité des systèmes, et la co-conception matériel+logiciel.*

### Recommandation 2 :

*Etre plus présent dans les instances internationales de normalisation (notamment grâce à une extension du soutien du Crédit impôt recherche à ce type d'activité) et promouvoir les normes et labels (type Energy Star, EPEAT), notamment ceux qui intègrent une démarche ACV.*

*Parallèlement surveiller les pratiques commerciales pour lutter contre la contrefaçon, les labels trompeurs et le non respect de la réglementation.*

### Recommandation 3 :

- *Promouvoir les usages des TIC permettant des gains écologiques grâce à :*
  - *la promotion auprès des professionnels (notamment via le programme TICPME 2010 et via la commande publique) des produits et solutions numériques écologiques, tant par leur consommation propre que par l'empreinte environnementale de leurs usages ;*
  - *le lancement par l'administration d'études pour disposer de référentiels, et diffuser les résultats obtenus auprès du grand public, et des fédérations professionnelles (bâtiment, énergie, transport...);*
  - *la réalisation par les fédérations professionnelles et la diffusion dans les autres secteurs de guides de bonne pratique mettant en évidence les gains que l'on peut obtenir grâce aux TIC.*

### Recommandation 4 :

- *Faire la promotion auprès du grand public des bonnes pratiques permettant d'économiser l'énergie :*
  - *par la diffusion de guides par les fédérations professionnelles en vue d'une utilisation optimisée des TIC par le grand public ;*
  - *par une meilleure information en étendant aux produits bruns l'obligation d'affichage des performances énergétiques qui existe déjà pour les produits blancs, en particulier pour les PC, les boîtiers internet et les terminaux de communication électroniques (démarche communautaire en cours) ;*

- *réalisation d'un éco-comparateur des téléphones portables. Les constructeurs informatiques fourniront les données utiles pour la réalisation d'un éco-comparateur des PC ;*
- *par une action pour contrôler les labels (DGCCRF) ;*
- *par une meilleure ergonomie des produits ;*
- *par la promotion d'outils de gestion et de commande permettant au consommateur d'être acteur de sa propre empreinte écologique.*

#### **Recommandation 5 :**

- *Intensifier la formation initiale (ingénieurs, techniciens) dans le domaine des TIC, et y inclure des notions d'éco-conception (efficacité énergétique, co-conception matériel + logiciel) et d'usages responsables ;*
- *Elaborer des outils de formation destinés aux adhérents des fédérations (bâtiment...) et promouvoir leur inclusion dans les actions prioritaires des organismes paritaires de formation (OPCA).*

#### **Recommandation 6 :**

- *Agir au niveau de l'Etat et des collectivités locales par un comportement exemplaire (impact des nouvelles réglementations, commandes publiques se référant à des normes « vertes », gestion des déchets, développement de la téléprésence dans l'administration...)*

#### **Recommandation 7 :**

- *Déployer largement les composants TIC pour mettre à profit les progrès réguliers en matière d'efficacité énergétique des composants ;*
- *Recommander leur large utilisation dans des projets de systèmes intelligents dans l'ensemble de l'économie ;*
- *Traiter les questions écologiques sur un plan systémique ;*
- *Evaluer l'efficacité énergétique et l'empreinte carbone des produits TIC à partir de 2012.*

#### **Recommandation 8 :**

- *Favoriser l'installation des centres de données en France dans un triple objectif de développement durable, de compétitivité de la France et d'aménagement du territoire. Notamment utiliser pour les centres de données la nouvelle procédure simplifiée en matière d'établissements classés. Approfondir la réflexion pour créer un contexte propice à l'implantation de centres de données.*

#### **Recommandation 9 :**

- *Mener une réflexion sur les centres de données du futur ;*
- *Mettre en place un observatoire sur le « Cloud computing » ;*
- *Faire évoluer la réglementation pour prendre en compte l'internet des objets et le « Cloud computing » ;*
- *Soutenir les innovations autour des centres de données innovants.*

#### **Recommandation 10 :**

- *Favoriser le travail à distance dans un double but écologique et d'aménagement du territoire, et promouvoir le développement des télécentres (soutien au démarrage).*

#### **Recommandation 11 :**

- *Promouvoir l'utilisation de la maquette numérique normalisée des bâtiments et des quartiers, tant dans la phase de conception que dans celle de l'exploitation, aux fins d'optimiser leur consommation d'énergie ;*
- *Inciter les acteurs à définir la notion de réseaux « domiciliaires » et leurs interfaces avec les différents dispositifs concernés (notamment les « compteurs intelligents »).*

#### **Recommandation 12 :**

- *Favoriser la maîtrise de la consommation d'énergie électrique grâce à la généralisation d'outils intelligents de mesure, d'affichage et de pilotage de la consommation énergétique des appartements, bâtiments et quartiers :*
  - *réseaux domiciliaires,*
  - *capteurs interconnectés selon des interfaces standardisées,*
  - *affichage simple des consommations par usage.*

#### **Recommandation 13 :**

- *Promouvoir la dématérialisation « sans couture » de l'ensemble de la chaîne d'information de la logistique, en prenant en compte les étiquettes électroniques.*

#### **Recommandation 14 :**

- *Evaluation de l'empreinte carbone de l'entreprise ;*
- *Contribuer (notamment au niveau de l'UE) à établir des outils de mesure permettant des comparaisons cohérentes entre entreprises et intégrer les évaluations de l'empreinte carbone des matériels et services TIC dans une étude d'impact globale sur le développement durable de l'économie.*

#### **Recommandation 15 :**

- *Généraliser la dématérialisation de l'ensemble des chaînes d'échanges d'informations, de contrats, ou de documents administratifs (travailler sur les outils d'authentification, d'interopérabilité et s'accorder sur des standards d'échange).*

## 1 INTRODUCTION

De nombreuses réflexions, en France et à l'étranger, ont déjà été menées sur la contribution des TIC à une société plus soucieuse du développement durable dans une économie maîtrisant sa facture énergétique et ses émissions de gaz à effet de serre. Dans un contexte où la consommation des TIC atteint un ordre de grandeur de 13% de la consommation électrique française et croît environ de 10% par an<sup>2</sup>, il convient de développer des TIC, d'une part plus sobres en énergie et produisant moins de déchets et d'autre part mieux les utiliser dans l'industrie, les services et la vie quotidienne dans une optique de développement durable. Le plan « France numérique 2012 », les résultats de l'atelier co-organisé par le Medef et le Meeddat mi 2008, puis le rapport CGTI/CGEDD/ARCEP début 2009 « TIC et développement durable », pour ne citer qu'eux, ont permis d'identifier des aspects déterminants de la problématique, d'émettre des recommandations et de lancer un certain nombre d'actions pour atteindre les objectifs visés.

Créé à la demande de Mme Christine Lagarde, Ministre de l'économie de l'industrie et de l'emploi, et en accord avec M. Jean-Louis Borloo, Ministre d'Etat, le groupe de travail « Développement Eco-responsable et TIC » (DETIC) s'est efforcé de prolonger les travaux précédents et d'explorer aussi largement que possible les actions concertées envisageables par les pouvoirs publics, les parties prenantes du secteur des TIC et les utilisateurs.

Outre l'administration et plusieurs services comme l'Ademe, de nombreux acteurs du secteur des TIC (opérateurs de communications électroniques, constructeurs, fédérations, instituts de recherche) et des secteurs utilisateurs de TIC (entreprises et fédérations des secteurs du bâtiment, des travaux publics, des transports et de la logistique, de l'énergie, etc.) ont été sollicités, ainsi que des organismes représentant les utilisateurs et des ONG. Le nombre et la grande qualité des propositions de participation ont conduit le groupe à mettre en place une structure à deux niveaux, avec un groupe plénier d'une vingtaine de personnes et 3 ateliers.

**Le groupe plénier** s'est réuni 6 fois de février à juillet : il a auditionné plusieurs intervenants, dont un représentant de la Commission européenne (DGENTREPRISE), et donné des orientations aux travaux des ateliers.

**L'atelier 1** a étudié l'éco-conception des composants, à la fois sous l'angle microélectronique (fabrication des puces), et sous l'angle plus global de l'éco-conception des produits intégrés en tenant compte des différents aspects du cycle de vie (production, usage, fin de vie). Il a également abordé l'éco-conception du logiciel.

**L'atelier 2** s'est focalisé sur la problématique des centres de calcul (datacenters), dont à la fois la densité et les capacités sont en forte croissance, avec une consommation électrique importante.

**L'atelier 3** avait pour mission de favoriser l'appropriation par les entreprises (notamment PME) des solutions TIC permettant de réduire leur empreinte écologique. Il a donné une large place à l'information des acteurs et à la concertation, en impliquant les grands donneurs d'ordre, les fédérations professionnelles productrices ou utilisatrices de TIC ainsi que des représentants des consommateurs.

---

<sup>2</sup> Estimations tirées des études CGTI/CGEDD/Arcep 2008 et Remodece 2008.

Les ateliers se sont réunis une ou deux fois par mois de février à juin, les participations allant d'un noyau dur d'une dizaine de personnes à des débats impliquant plus de 40 personnes. Bien que les associations environnementales n'aient pas activement participé aux travaux du groupe de travail qui n'est donc pas de même nature que les récents exercices "Grenelle", les diverses sensibilités, y compris celle d'experts de l'écologie, ont pu s'exprimer et sont prises en compte dans le rapport.

Le groupe s'est efforcé d'aborder tous les aspects des TIC, à la fois les économies que l'on peut faire sur l'empreinte des TIC eux mêmes et sur les gains que les TIC peuvent apporter directement ou indirectement dans la lutte contre le réchauffement climatique. Les différents aspects du cycle de vie ont été pris en compte, de l'empreinte lors de la production à la récupération des déchets, en passant par l'usage, même si le volet consommation électrique a été plus approfondi. Les participations nombreuses dans l'atelier 3 ont reflété l'importance qui s'attache au gain d'émissions de gaz à effet de serre lié à l'appropriation des TIC par les différentes catégories d'utilisateurs, les émissions correspondant aux TIC au sens strict<sup>3</sup> ne représentant que 2 % du total, selon une étude GARTNER.

Sur « l'empreinte écologique » des TIC et les gains potentiels que leurs usages peuvent apporter, le groupe a fait des préconisations de mesures incitatives, sans chercher à fournir d'évaluation quantitative des gains possibles. Malgré quelques tentatives de chiffrage, il est en effet apparu que les méthodes de mesure n'étaient pas suffisamment normalisées pour aborder ce sujet de façon constructive. En particulier, dans la perspective éventuelle d'une Contribution Climat Energie, ce point mériterait néanmoins une analyse ultérieure plus approfondie, dans la mesure où les TIC sont un domaine multiforme pour lequel le « gain écologique » peut être très variable suivant les cas. Certains produits ou applications permettent potentiellement un gain écologique fort (composant optimisant la combustion d'un moteur, information sur la circulation permettant d'optimiser un itinéraire...) alors que d'autres génèrent un gain plus limité.

Aussi bien dans les ateliers que dans le groupe plénier, les propositions ont été largement discutées, et les membres se sont attachés à rechercher le consensus. Malgré les sujets assez différents des trois ateliers, plusieurs thèmes (innovation, normalisation, formation) se sont imposés de façon récurrente, aboutissant à des recommandations communes au-delà des recommandations spécifiques émanant de chacun des ateliers.

Chaque atelier a rédigé un rapport, qui a été soumis aux membres de l'atelier, puis au groupe plénier. Le présent rapport est donc constitué des rapports des trois ateliers, et d'un rapport du groupe plénier qui reprend les conclusions les plus marquantes des ateliers, en mettant en évidence les thèmes transverses puis certaines recommandations spécifiques dont l'importance est ainsi soulignée.

Les recommandations transverses du groupe DETIC concernent les thématiques suivantes : Recherche et innovation, Référentiels, Usages professionnels et grand public, Aménagement et promotion du territoire, Formation. Elles sont complétées par des recommandations plus ciblées notamment sur les composants, les centres de données et sur les aspects bâtiments, transports, énergie. L'implication dans l'atelier 3 des fédérations professionnelles, notamment celles des autres secteurs que les TIC, devrait faciliter l'appropriation des recommandations par les acteurs directement concernés.

---

<sup>3</sup> Le groupe n'a pas cherché à définir de manière précise la notion de TIC, mais a implicitement retenu une acception large des TIC, voisine de la définition du SESSI (qui englobe notamment les composants utilisés dans l'industrie), alors que l'assiette du Gartner est plus restreinte (Informatique et télécom, sans l'audiovisuel et les composants embarqués dans les véhicules, les scanners médicaux...).

# THEMES GENERAUX

## 2 LA RECHERCHE ET L'INNOVATION

Les composants électroniques sont au cœur de la réduction de l'impact environnemental des produits, services et solutions dans le domaine des TIC, y compris dans l'ensemble des secteurs utilisant les TIC pour l'optimisation de leurs processus en vue d'une meilleure gestion de leur consommation énergétique et de leur impact environnemental. L'industrie des composants, depuis 30 ans, a réduit de manière très importante son impact environnemental global tout en augmentant régulièrement les performances de ses produits. Il convient donc d'accélérer **l'adoption des composants les plus innovants et performants en termes environnementaux.**

Le groupe recommande :

- de mettre en œuvre une politique d'accompagnement de l'industrie pour accélérer la mise au point de composants encore plus performants en termes de développement durable, en mettant mieux à profit les programmes communautaires mobilisables en faveur des TIC, PCRDT et FEDER, mais aussi les clusters d'Eureka, ITEA-2, Celtic dans lesquels les PME/PMI sont aussi bien représentées que les grands groupes au côté des universités et centres de recherche. Dans ces clusters, le thème ou le critère éco-énergie est pris en considération mais pourrait devenir plus déterminant ;
- de développer une politique de recherche et développement structurée autour des innovations en production, notamment dans l'intégration de composants et de systèmes électroniques dans l'ensemble des produits et services ;
- d'accélérer l'adoption des composants les plus innovants dans les produits et solutions développés, notamment par le biais de l'achat public.

**L'interopérabilité des systèmes** numériques conditionne l'optimisation du gain sur l'environnement lors de la mise en œuvre des TIC car la gestion de bout en bout des systèmes et des processus est rendue compliquée par l'hétérogénéité des normes et standards.

Le Groupe recommande donc le soutien des pouvoirs publics aux démarches visant l'interopérabilité à travers le soutien aux projets de recherche et à la normalisation.

**La co-conception (Co-design) de matériels et de logiciels, notamment embarqués**, est une voie de progrès prometteuse pour améliorer les performances des matériels. Il faut noter que ces améliorations ne diffusent pas uniquement dans le domaine spécifique des TIC mais partant des TIC, elles irradient toutes les industries: médical, aéronautique, automobile et même agriculture etc... L'atelier 1 a mis en évidence le potentiel d'une optimisation globale « matériel + logiciel », qui n'est souvent effectuée que sous la contrainte (matériels embarqués) alors qu'elle pourrait se justifier en elle-même par ses potentialités.

Ceci pourra être obtenu par :

- le soutien des pouvoirs publics aux programmes de recherche en matière de co-conception ;
- une formation appropriée des ingénieurs et des techniciens les sensibilisant aux divers enjeux.

**Le renforcement de la Recherche et de l'innovation en matière d'éco-TIC ('Green ITs')**  
peut être obtenu par :

- l'intégration de cette démarche comme priorité de la Stratégie Nationale de Recherche et d'Innovation. (SNRI) ;
- le recensement des perspectives de progrès scientifiques et techniques envisageables à l'horizon 2020 dans le domaine des TIC afin de faire émerger les technologies nouvelles minimisant l'empreinte environnementale ;
- la prise en compte des bénéfices attendus pour l'environnement, dans les critères d'évaluation et de sélection des projets par les structures et les agences de financement de la recherche et de l'innovation.

**Recommandation 1 :**

**Mettre en place une politique d'accompagnement de l'industrie des TIC pour des composants et des produits plus durables :**

- en mettant à profit les programmes mobilisables tels que PCRDT, FEDER, EUREKA, ITEA ;
- en incluant des critères écologiques dans les sélections de projets innovants (OSEO...);
- en privilégiant l'interopérabilité des systèmes, et la co-conception matériel + logiciel.

### 3 REFERENTIELS : LA MESURE ET LA NORMALISATION

**La normalisation et la standardisation** sont des éléments clés pour le développement des technologies de l'information respectueuses de l'environnement car bien gérer et optimiser suppose que l'on sache définir précisément l'objet et son environnement pour pouvoir mesurer son impact écologique.

Or les indicateurs écologiques (notamment le bilan carbone) sont très difficiles à calculer de manière générale en raison de la multiplicité des acteurs et des contributions, et plus encore pour les TIC eux mêmes car le secteur est soumis à des évolutions rapides des technologies et des usages. Néanmoins, ces indicateurs sont nécessaires pour chiffrer les gains que peuvent apporter les TIC dans les secteurs industriels ou domestiques, pour orienter vers la performance environnementale des architectures des ordinateurs et des centres de données (datacenters) et pour permettre la sensibilisation des utilisateurs. Les TIC constituent de plus un outil déterminant en matière de traçabilité et de communication pour consolider les chiffres obtenus et calculer l'empreinte écologique de tous les produits et de leurs usages.

Compte tenu du caractère très mondialisé du secteur, les actions concernées ne peuvent être conduites que dans un cadre international et à tout le moins communautaire.

Le Groupe recommande en conséquence :

- de n'utiliser dans les référentiels et recommandations que des normes et standards internationaux et reconnus sans céder à la tentation illusoire d'élaboration de normes franco-françaises. Il importe toutefois d'encourager le rôle proactif que peuvent jouer les bureaux nationaux de normalisation compétents dans les domaines nouveaux d'activité normative ;
- d'être plus présents dans les instances de normalisation internationales (notamment UE, ISO, CE/NU) pour définir des méthodes de mesure standardisées, et pour ce faire d'accroître le soutien des pouvoirs publics à la présence des industriels dans les groupes de normalisation français mais surtout internationaux travaillant sur ces questions. Il est notamment souhaitable d'étendre à 100% le mécanisme du Crédit Impôt Recherche pour la participation des industriels aux travaux des organismes de normalisation « officiels » (CEI, ISO, CEFAC, ETSI, CEN, CENELEC, bureaux français) ;
- de définir des standards et les mettre à jour en fonction de l'évolution technologique :  
Dans sa communication du 12 mars 2009, la Commission européenne a annoncé avant la fin de l'année, après examen des résultats d'une consultation publique, une recommandation sur ce sujet. Les équipements TIC, le bâtiment et les transports sont plus particulièrement ciblés. A noter que le nouveau Parlement Européen devrait rendre un avis sur cette question.
- de promouvoir un nombre limité de labels, dont certains comme EPEAT ou Energy Star élaboré aux Etats-Unis et faisant l'objet d'un texte communautaire contraignant, ont prouvé leur efficacité par leur influence sur la commande publique ou la sensibilisation des utilisateurs et de prévoir dès l'origine le mode de certification ainsi que les actions proactives qui seront lancées contre les contrevenants.

Il importe aussi de :

- de poursuivre les travaux sur «le poids des TIC dans les analyses de cycle de vie», afin de proposer des actions pour standardiser les méthodes d'évaluation de leur impact sur l'environnement, en prenant en compte aussi bien l'ensemble de la chaîne de production et de distribution des TIC que le gain que leurs usages apportent dans

d'autres secteurs d'activité. Dans ce cadre, des industriels des TIC qui ont participé aux travaux sont prêts à mettre en place des processus de traçabilité et à publier en 2012 une valeur de l'empreinte CO2 de la production par gamme de produit, avec, pour certains, des premières estimations partielles dès 2010 ;

- de renforcer la surveillance du marché et en particulier la lutte contre les produits contrefaits ou non conformes aux normes et réglementations.

**Recommandation 2 :**

*Etre plus présent dans les instances internationales de normalisation (notamment grâce à une extension du soutien du Crédit impôt recherche à ce type d'activité) et promouvoir les normes et labels (type Energy Star, EPEAT), notamment ceux qui intègrent une démarche ACV.*

*Parallèlement surveiller les pratiques commerciales pour lutter contre la contrefaçon, les labels trompeurs et le non respect de la réglementation.*

## 4 LES USAGES

### 4.1 Usages professionnels

En application de la circulaire du Premier Ministre du 3 décembre 2008, la mise en œuvre d'une politique effective d'**exemplarité de l'Etat** et des services publics nationaux, régionaux et locaux en termes de gestion de leurs moyens informatiques doit se concrétiser par :

- la recherche d'économies de consommation énergétique (critères Energy Star/ TCO/ EPEAT dans les appels d'offres, utilisation d'imprimantes collectives, de papier recto verso...);
- l'engagement des acheteurs publics de prendre en compte, dans les limites du droit applicable, les critères liés à l'environnement et au développement durable dans les commandes et achats publics. Une action du CIGREF pour les achats des matériels informatiques dans les grandes entreprises est à envisager pour élargir la cible ;
- la consolidation des centres informatiques et le recours à des matériels plus performants et plus durables lors des renouvellements ;
- la mise en place au niveau de l'Etat d'un contexte propice au télétravail qui est évoquée au point 10.

Pour que les TIC jouent pleinement leur rôle d'outil au service du développement durable des entreprises, il est indispensable qu'ils fassent l'objet d'une large **dissémination dans le tissu industriel et notamment auprès des PME**, domaine dans lequel la France accuse encore un certain retard.

Le Groupe recommande d'**intensifier le programme TICPME 2010**. Lancé fin 2005 par le ministère chargé de l'industrie en partenariat avec l'ensemble des acteurs économiques (MEDEF, fédérations professionnelles, chambres de commerce et d'industrie...), ce programme vise à inciter les entreprises d'une même filière à mutualiser leurs efforts, et à développer, selon les standards internationaux, les outils spécifiques dont elles ont besoin pour améliorer leurs échanges et leur compétitivité. Sous l'impulsion des fédérations ou des grands donneurs d'ordre, ces outils ont vocation à être mis en œuvre de façon collective et coordonnée par les entreprises de la filière au niveau régional. Au-delà de l'objectif initial de compétitivité des entreprises, les différents projets mis en œuvre contribuent sans conteste à l'amélioration de l'impact environnemental des filières concernées (optimisation des transports et de la chaîne logistique, traçabilité, utilisation de la maquette numérique dans le bâtiment,...). La première phase de l'opération, entre 2005 et 2007, s'est traduite par deux appels à projets avec un budget de 10 M€, qui ont abouti à la sélection de plusieurs dossiers ayant une forte composante de développement durable (éco-conception dans le bâtiment, conception collaborative dans l'aéronautique, éco-conception de systèmes d'emballage, dématérialisation,...).

Les financements de ce programme méritent d'être prolongés, afin d'accélérer le déploiement local et la sensibilisation des PME sur l'ensemble du territoire, d'assurer une migration vers d'autres filières. Les critères de réussite des projets devraient mieux intégrer les bénéfices pour l'environnement.

Le Groupe recommande également que, par branche d'activité, des mesures spécifiques d'accompagnement de la diffusion et de l'usage des TIC soient élaborées : sans qu'elles

soient exhaustives, certaines d'entre elles sont proposées au titre des thèmes spécifiques, portant en particulier sur le développement des matériels économiques en énergie électriques, sur la diffusion d'outils de mesure et de gestion permettant un usage responsable et sur la promotion de centres de données optimisés en matière de consommation d'énergie.

### **Recommandation 3 :**

***Promouvoir les usages des TIC permettant des gains écologiques grâce à :***

- ***la promotion auprès des professionnels (notamment via le programme TICPME 2010 et via la commande publique) des produits et solutions numériques écologiques, tant par leur consommation propre que par l'empreinte environnementale de leurs usages ;***
- ***le lancement par l'administration d'études pour disposer de référentiels, et diffuser les résultats obtenus auprès du grand public, et des fédérations professionnelles (bâtiment, énergie, transport...);***
- ***la réalisation par les fédérations professionnelles et la diffusion dans les autres secteurs de guides de bonne pratique mettant en évidence les gains que l'on peut obtenir grâce aux TIC.***

#### **4.2 Usages grand public et information des consommateurs et utilisateurs**

Le geste citoyen dans l'usage quotidien des produits et services numérique est essentiel et il est donc important de sensibiliser les utilisateurs sur le sujet en leur donnant une information fiable et objective qui leur permette de devenir des acteurs responsables et de s'approprier, dans les meilleures conditions d'usage, les TIC et leurs applications.

Le Groupe recommande :

- le lancement d'un certain nombre d'études objectives sur ces différents sujets, afin d'avoir des référentiels et de les diffuser largement auprès du grand public ou des professionnels éventuellement dans le cadre des annexes méthodologiques au bilan carbone des entreprises ;
- l'engagement d'une campagne de communication vers les citoyens à travers la présentation de bonnes pratiques quotidiennes, de manière simple et didactique , campagne conduite avec le soutien de tous les partenaires (services publics, consommateurs, industriels)<sup>4</sup> ;
- l'information et la sensibilisation des utilisateurs et consommateurs pour leur permettre d'être conscients de l'impact écologique de leurs actions (et de le mesurer et de le maîtriser souvent grâce aux TIC). Cette information doit être claire pour permettre des choix responsables d'achats et d'usages ; elle correspond à la forte évolution de tendance vers le « mieux consommer » ;
- l'élaboration d'un référentiel de l'efficacité énergétique, dans le contexte communautaire, en s'appuyant sur l'étalonnage, puis sur l'affichage, produit par

---

<sup>4</sup> A titre d'illustration, le guide d'Alliance Tics : <http://www.alliance-tics.org/dossiers/environnement/Guide%20éco-utilisateur/Guide%20de%20l'éco-utilisateur.htm>

produit, accompagné d'une indication de consommation selon les divers modes de fonctionnement, y compris en termes financiers souvent plus parlants.

- un effort des fabricants et des distributeurs pour améliorer à la fois l'ergonomie des matériels notamment pour les usagers moins technophiles et la rédaction claire et pédagogique des notices afin de promouvoir une bonne utilisation.
- dans le domaine du bâtiment, de l'énergie, des transports, une action de communication sur le gain écologique et financier qui peut être attendu de certaines initiatives fondées sur une utilisation des TIC. Parfois ces derniers seront directement concernés (capteurs, compteurs intelligents, trajets optimisés), parfois ils ne le seront que par l'intermédiaire de sites Web dotés de comparateurs informant l'utilisateur sur l'intérêt de ces opérations.
- au niveau communautaire, un suivi constructif du débat actuel sur les textes visant à l'extension aux produits bruns de l'obligation déjà existante pour les produits blancs d'affichage de la consommation. Cet affichage des performances devrait être à la fois compréhensible par le grand public et représentatif de l'usage effectif des matériels.
- une plus forte implication de la DGCCRF pour faire contrôler l'apposition des labels et des marquages, notamment éviter les malentendus résultant de marquages ayant une autre signification. Plus généralement, une meilleure surveillance du marché pour s'assurer du respect de la réglementation en vigueur est à mettre en place, y compris en matière de substances interdites (RoHS).

#### **Recommandation 4 :**

***Faire la promotion auprès du grand public des bonnes pratiques permettant d'économiser l'énergie :***

- ***par la diffusion de guides par les fédérations professionnelles en vue d'une utilisation optimisée des TIC par le grand public ;***
- ***par une meilleure information en étendant aux produits bruns l'obligation d'affichage des performances énergétiques qui existe déjà pour les produits blancs, en particulier pour les PC, les boîtiers internet et les terminaux de communication électroniques (démarche communautaire en cours) ;***
- ***réalisation d'un éco-comparateur des téléphones portables. Les constructeurs informatiques fourniront les données utiles pour la réalisation d'un éco-comparateur des PC ;***
- ***par une action pour contrôler les labels (DGCCRF) ;***
- ***par une meilleure ergonomie des produits ;***
- ***par la promotion d'outils de gestion et de commande permettant au consommateur d'être acteur de sa propre empreinte écologique.***

## 5 LA FORMATION

Une information relativement poussée des acteurs s'avère nécessaire car le secteur des TIC multiforme et mondialisé offre des cas de figure complexes, et en complément de la bonne volonté, un minimum de bases est indispensable pour évaluer l'apport écologique des équipements et des actions de chacun. Au-delà des produits et services, il importe notamment de généraliser les bonnes pratiques et la connaissance des outils dans les filières professionnelles. Une **formation** adaptée sur l'ensemble de la chaîne est donc un élément crucial pour optimiser l'effet positif des TIC en faveur de l'environnement.

Ceci devrait être obtenu par :

- le développement d'une politique d'attractivité des métiers de la filière des TIC dans l'optique de leurs impacts environnementaux, car le risque est prévisible d'une pénurie d'ingénieurs et de techniciens sur ces métiers clés pour le futur. C'est particulièrement le cas dans les domaines de l'électronique. L'impact fort d'une conception optimisée et globale à la fois des matériels (cf consommation électrique des boîtiers, PC, téléviseurs...) et des logiciels (un logiciel optimisé s'accommode d'un matériel moins puissant qui polluera moins) a été souligné. Il importe donc de prévoir, dans les cursus de formation des écoles de techniciens et d'ingénieurs (notamment par la mise en place de modules éco-TIC dans les programmes de l'Institut Télécom), comme dans la formation continue, une sensibilisation/formation des concepteurs à la prise en considération des contraintes écologiques lors de la conception des produits, concernant tant leur empreinte propre que celle induite par leur usage.. En parallèle, une réflexion sur la création de filières de formations nouvelles doit être lancée (filières de formation relatives à l'efficacité énergétique, à la problématique des déchets, aux usages éco-responsables, etc.) avec l'objectif de croiser des compétences diverses qui sont aujourd'hui généralement enseignées « en silo », sans connexion entre elles. Les professionnels du secteur devraient participer à l'élaboration et à la conduite de ces formations (via des intervenants par exemple) ;
- la mise en œuvre d'un accompagnement en liaison avec les fédérations professionnelles dans la mise au point des outils de formation nécessaires à leurs adhérents, en particulier des outils en ligne ;
- la formation systématique des responsables RSE des entreprises pour améliorer leur connaissance des outils (méthodologie, système d'information) permettant d'évaluer l'impact écologique de leurs actions (impact individuel de chaque projet, bilan de fin d'année).

### Recommandation 5 :

- ***Intensifier la formation initiale (ingénieurs, techniciens) dans le domaine des TIC, et y inclure des notions d'éco-conception (efficacité énergétique, co-conception matériel + logiciel) et d'usages responsables.***
- ***Elaborer des outils de formation destinés aux adhérents des fédérations (bâtiment...) et promouvoir leur inclusion dans les actions prioritaires des organismes paritaires de formation (OPCA).***

## 6 AVOIR UNE ACTION EXEMPLAIRE AU NIVEAU DE L'ÉTAT ET DES COLLECTIVITÉS LOCALES

Ce point, qui est abordé dans la circulaire du Premier Ministre du 3 décembre 2008, et dans le rapport France Numérique 2012, n'est pas détaillé ici car les actions proposées sont déjà mentionnées dans les autres chapitres, mais l'action de l'Etat et des collectivités locales peut incontestablement avoir un effet d'entraînement par :

- des commandes publiques se référant à des normes de qualité (EPEAT, Energy Star...) pour les matériels et logiciels ;
- la constitution de dossiers d'étude d'impact écologique y compris et notamment pour les projets mobilisant des TIC ;
- une gestion exemplaire par l'Etat de ses propres déchets ;
- la formation initiale et continue des ingénieurs et des techniciens ;
- une sensibilisation de l'ensemble des fonctionnaires ou assimilés et lorsque nécessaire une formation appropriée ;
- le développement de la téléprésence dans l'administration : l'Etat, vitrine du travail à distance ;
- les appels d'offres de l'Etat, des collectivités territoriales et des organismes publics promouvant l'usage de la maquette numérique du bâtiment, du réseau domiciliaire, d'outils de mesure et de pilotage intelligent de la consommation énergétique des bâtiments et des quartiers ;
- la dématérialisation des procédures administratives.

Les professionnels souhaitent une concertation complémentaire avec les pouvoirs publics sur les modalités de mise en œuvre de la circulaire du 3 décembre 2008 en matière de TIC.

### **Recommandation 6 :**

***Agir au niveau de l'Etat et des collectivités locales par un comportement exemplaire (impact des nouvelles réglementations, commandes publiques se référant à des normes « vertes », gestion des déchets, développement de la téléprésence dans l'administration...).***

## THEMES PLUS SPECIFIQUES DES ATELIERS

### 7 FAVORISER LE DEVELOPPEMENT ET L'UTILISATION DE NOUVEAUX COMPOSANTS

L'atelier 1 (Composants) a tenu à souligner les progrès réguliers faits dans le domaine de l'efficacité énergétique des composants. Depuis trente ans, le coût de la production et de la consommation des composants n'a pas cessé de diminuer. Ces progrès ont permis une réduction de 50% en 10 ans de l'électricité nécessaire dans les usines de composants (avec aujourd'hui 1kWh par cm<sup>2</sup> de silicium pour les usines de fabrication de circuits intégrés) et une réduction de 60% par an de la consommation des composants ramenée au transistor.

Malgré de nouvelles contraintes liées aux tailles des couches de Silicium proches des dimensions des atomes, pouvant entraîner des courants de fuite par effet tunnel, le groupe estime que les progrès actuels des performances (suivant la loi de Moore) se poursuivront encore pendant au moins une demi douzaine d'années. Il importe donc de faire connaître ces progrès et d'une part, de recommander l'utilisation de ces nouveaux composants et d'autre part de préparer la suite.

L'atelier préconise de traiter les questions relatives à l'impact environnemental de la production et du fonctionnement des composants et produits TIC sur un plan systémique, intégrant toutes les composantes intervenant dans leur cycle de vie. Cette préoccupation est majeure dans la conception des produits finis (PC, téléviseurs, boîtiers...) afin que leur consommation soit optimisée en fonction de leur usage, par exemple par une mise en veille sélective de certaines fonctions. L'essentiel est couvert par des textes communautaires contraignants déjà mis en œuvre ou en cours d'adoption. Le bannissement de certaines matières dangereuses (plomb), avec la directive ROHS et la récupération des déchets TIC, avec la directive DEEE, sont également des points majeurs car, au delà de la lutte contre la pollution, la récupération/valorisation diminue l'empreinte carbone de la production de nouveaux composants.

Certains industriels sont prêts à mettre en œuvre une politique de mesure de l'empreinte carbone en production afin de disposer de résultats en 2012.

#### Recommandation 7 :

- ***Déployer largement les composants TIC pour mettre à profit les progrès réguliers en matière d'efficacité énergétique des composants.***
- ***Recommander leur large utilisation dans des projets de systèmes intelligents dans l'ensemble de l'économie.***
- ***Traiter les questions écologiques sur un plan systémique.***
- ***Evaluer l'efficacité énergétique et l'empreinte carbone des produits TIC à partir de 2012.***

## **8 FAVORISER L'INSTALLATION DES CENTRES DE DONNEES EN FRANCE DANS UN TRIPLE OBJECTIF DE DEVELOPPEMENT DURABLE, DE COMPETITIVITE DE LA FRANCE ET D'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE**

L'atelier 2 est parti des considérations liminaires suivantes :

- les centres de données sont des leviers d'une économie éco-responsable, particulièrement pour la France qui dispose d'une énergie sobre en carbone ;
- il y a un renouvellement lié à l'obsolescence inévitable du parc actuel de centres de données ;
- le développement volontariste de centres de données constitue un enjeu stratégique d'aménagement du territoire, voire de souveraineté nationale.

Le groupe estime que la France devrait mieux valoriser ses atouts pour maintenir, attirer et héberger des centres de calcul et de services numériques et recommande l'engagement d'une politique de communication gouvernementale sur l'attractivité de la France pour héberger des centres de calcul et de services numériques. Tout comme dans le domaine de la production électrique, il importerait de parvenir à une réelle maîtrise, en termes de contrôle et de risque, de l'"énergie numérique" que constituent les centres de calcul.

Dans cet esprit, la simplification des procédures est un point clef et le groupe a noté avec satisfaction la nouvelle ordonnance 2009-663 du 11 juin 2009, instituant une procédure allégée applicable aux centres de données.

Il préconise par ailleurs une démarche similaire concernant l'aspect protection des données personnelles.

Un groupe d'étude devrait être constitué sur ces problématiques.

Il recommande aussi de créer, sous l'impulsion des collectivités locales, un marché de type Centres Informatiques qui constitueraient des plates formes mutualisées autour des Centres Informatiques régionaux (exemple de l'étude d'opportunité faite par la région Corse).

Enfin, il convient de noter que dans le cadre de sa démarche de « Codes of Conduct », la commission a publié un premier Code sur l'efficacité des centres de données (version 0.9 du 12 août 2008), couvrant le volet technologies de l'information (efficacité en terme de consommation des équipements du centre de données) et le volet « infrastructure » (systèmes électriques et mécaniques de support). Il convient d'adhérer à cette démarche, et de porter au niveau européen la mise en place de normes strictes d'émission de CO2 des centres de données, qui devraient favoriser leur implantation en France grâce au faible contenu CO2 de notre électricité.

### **Les facteurs clefs de succès**

Plusieurs conditions apparaissent pour que ces recommandations aboutissent à une meilleure maîtrise de la dépense énergétique des centres informatiques :

- concernant l'Etat, le groupe recommande de passer son informatique du modèle actuel déconcentré à un modèle de Centres de Services Partagés. Ce modèle, générateur d'économies d'échelle, de rationalisation, est le levier principal pour mutualiser les moyens mis en œuvre et exploités au sein des centres informatiques ;

- revoir le cadre législatif : notamment le traitement fiscal de la conception et de l'exploitation des Centres Informatiques ;
- simplifier / revoir les textes actuels qui imposent aux administrations de disposer des informations sur leur territoire propre (y compris au niveau fin des communes) afin de faciliter la mutualisation des moyens informatiques et leur regroupement géographique au sein de pôles de type Centres Informatiques<sup>5</sup> ;
- assurer que les atouts de la France soient connus des principaux investisseurs en Centres Informatiques que sont les DSI des entreprises mondiales consommatrices de d'information et les sociétés d'hébergements de Centres Informatiques.

Cette initiative en faveur de l'installation en France des centres de données est en cohérence avec le « livre blanc » publié par le CRIP<sup>6</sup> en juin 2009.

L'atelier 2 a ainsi listé une **série d'indicateurs** qu'il serait utile de suivre afin de mieux piloter les actions de promotion en faveur des centres de données : nombre de m<sup>2</sup>, nombre de nouveaux centres, évolution du PUE moyen (Power Usage Effectiveness : quotient de l'énergie totale consommée par l'énergie utilisée par les serveurs).

En matière d'indicateurs, enfin, l'atelier 2 a été d'avis de compléter le PUE par d'autres indicateurs de performance énergétique plus pertinents, en harmonisation avec les travaux au niveau international, dans deux axes différents :

- Efficacité énergétique dite passive prenant en compte la partie opération du centre de données à améliorer par l'auto-évaluation et la mesure,
- Efficacité énergétique dite active, conduisant à des propositions sur la conception bâtiments, le recyclage air / eau, l'usage des sources d'énergies à faibles émissions de carbone telles que pompes à chaleur, éoliennes, cellules photovoltaïques.

### **Recommandation 8 :**

***Favoriser l'installation des centres de données en France dans un triple objectif de développement durable, de compétitivité de la France et d'aménagement du territoire. Notamment utiliser pour les centres de données la nouvelle procédure simplifiée en matière d'établissements classés. Approfondir la réflexion pour créer un contexte propice à l'implantation de centres de données.***

<sup>5</sup> Tout en gardant si possible la localisation nationale des données sensibles ou à caractère personnel.

<sup>6</sup> Le CRIP est un club utilisateur indépendant (loi de 1901) réunissant les acteurs chargés de la conception et l'exploitation des datacenters au sein des entreprises.

## 9 MENER UNE REFLEXION SUR LES CENTRES DE DONNEES DU FUTUR (DATACENTER 2020)

Le groupe considère que les PUE et les technologies de refroidissement classiques sont poussées aux limites de leurs capacités.

Le modèle actuel de croissance des Systèmes d'Information avec des PUE supérieurs à 2<sup>7</sup> s'est révélé depuis les années 2006 non durable en ce sens qu'il ne tire pas tous les bénéfices des performances des puissances de calcul lesquelles ont connu une évolution 3 fois plus rapide que la célèbre loi de Moore.

De plus, l'arrivée de l'Internet des objets et du «Cloud Computing» va changer profondément le paysage de l'usage des TIC.

Face à ces défis, le groupe préconise :

- de mettre en place un observatoire de recherche stratégique sur les impacts du "Cloud Computing" et de lancer des travaux de recherche sur les innovations autour du "Cloud Computing" pour favoriser leur développement en France. Ces activités pourraient être prises en charge par les Pôles de Compétitivité, fédérant l'action des industriels, des centres de recherche académiques et de l'INRIA. Certains projets de cette nature ont déjà été lancés, et cette action devra être confortée et intégrée dans une stratégie globale ;
- de soutenir l'industrie française dans le développement des logiciels massivement multi-cœurs et adaptés à la dynamique de puissance des nouvelles technologies ;
- de renforcer l'enseignement des technologies de génie logiciel pour les adapter aux nouvelles technologies d'infrastructure à contrainte de ressources et à intelligence énergétique. La compétence des enseignants-chercheurs pourra être renforcée par le biais de projets financés par l'ANR ;
- de mettre en place des filières techniques d'Urbanisation de Data Centres. Ces filières sont à l'intersection de certaines disciplines fondamentales et pourront, le cas échéant, être aussi considérées comme des filières de reclassement dans un plan national de soutien à l'emploi ;
- de soutenir les innovations autour des Data Centres, notamment dans les domaines des solutions d'automatismes intégrés, ou de récupération de la chaleur, par des incitations fiscales aux centres de données innovants suivant des critères évalués par un organisme public (type Ademe) ;
- de faire évoluer la réglementation française pour prendre en compte l'émergence de l'Internet des Objets et du «Cloud Computing». Plus que d'une remise en cause, il s'agit ici de capitaliser sur les spécificités qui font de notre réglementation une des plus riches et de celles qui donnent les meilleures garanties de transparence et d'éthique aux opérateurs.

En dernier lieu, nous recommandons également, dans la mise en place des plans d'action, que ceux ci fassent l'objet d'un suivi formel tous les 6 mois entre toutes les parties prenantes.

---

<sup>7</sup> Pour 1 kW consommé par un serveur, il faut dépenser 1 autre kW, au moins, pour dissiper la chaleur.

**Recommandation 9 :**

- *Mener une réflexion sur les centres de données du futur.*
- *Mettre en place un observatoire sur le « Cloud computing ».*
- *Faire évoluer la réglementation pour prendre en compte l'internet des objets et le «Cloud computing».*
- *Soutenir les innovations autour des centres de données innovants.*

## **10 FAVORISER LE TRAVAIL A DISTANCE DANS UN DOUBLE BUT ECOLOGIQUE ET D'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE**

Afin de réduire les déplacements consommateurs d'énergie, et d'améliorer la qualité de la vie professionnelle, il est judicieux de :

- favoriser le travail à distance à la fois des personnes en situation de télétravail et des professionnels nomades en particulier par le déploiement de « télécentres » ;
- établir un guide reprenant les conditions d'interopérabilité et de cohérence entre l'entreprise et les réseaux de centres permettant un travail à distance « sans couture » et un véritable nomadisme, intégrés dans le fonctionnement nominal des entreprises et des administrations ;
- favoriser par un soutien des pouvoirs publics le démarrage des télécentres.

L'Etat devrait être exemplaire et se présenter comme une vitrine du travail à distance et pour cela :

- utiliser les évolutions des modalités d'organisation du travail et de fonctionnement consécutives aux restructurations (distribution des activités sur plusieurs lieux et consolidation) pour encourager la pratique de la visioconférence : en première approche, une salle par entité administrative significative, notamment déconcentrée ;
- mettre en œuvre sans délai la circulaire Premier Ministre « Etat exemplaire » du 3 décembre 2008 (dont les actions de France Numérique 2012) ;
- parallèlement, développer des solutions de télétravail à domicile utilisant le déploiement des réseaux domiciliaires.

### **Recommandation 10 :**

***Favoriser le travail à distance dans un double but écologique et d'aménagement du territoire, et promouvoir le développement des télécentres (soutien au démarrage).***

## 11 DANS LE DOMAINE BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS, OPTIMISER DES LA CONCEPTION

Promouvoir l'utilisation de la maquette numérique normalisée des bâtiments et des quartiers, tant dans la phase de conception que dans celle de l'exploitation, est un moyen d'optimiser leur consommation d'énergie grâce à :

- l'utilisation de la norme IFC/ISO sur le format de structuration des données ;
- la formation des différents corps de métiers ;
- la recommandation d'utiliser la maquette numérique normalisée dans les marchés publics (Etat, collectivités locales, gestionnaires de parcs immobiliers publics, bailleurs sociaux), ainsi que dans les constructions réalisées pour les acteurs représentés dans le groupe (fédérations utilisatrices des TIC, industriels et opérateurs des TIC).

Il faut en outre inciter les acteurs à définir la notion de réseaux « domiciliaires » et leurs interfaces avec les différents dispositifs concernés (notamment les « compteurs intelligents ») par :

- l'établissement de normes permettant une industrialisation à grande échelle, applicables aux réseaux locaux de quartier, d'immeuble, de locaux d'habitation et leurs interfaces, aux fins en particulier de permettre aux gestionnaires et aux utilisateurs de disposer de l'information sur l'état et la consommation des différentes sources d'énergie, et d'optimiser l'usage des matériels ;
- l'accompagnement de forums ouverts regroupant l'ensemble des secteurs d'activité concernés ;
- la participation aux travaux communautaires ;
- des expérimentations en vraie grandeur du recours à la norme.

### **Recommandation 11 :**

- ***Promouvoir l'utilisation de la maquette numérique normalisée des bâtiments et des quartiers, tant dans la phase de conception que dans celle de l'exploitation, aux fins d'optimiser leur consommation d'énergie.***
- ***Inciter les acteurs à définir la notion de réseaux « domiciliaires » et leurs interfaces avec les différents dispositifs concernés (notamment les « compteurs intelligents »)***

## 12 DANS LE DOMAINE BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS, MAITRISER L'USAGE D'ENERGIE ELECTRIQUE

Pour maîtriser la consommation électrique lors de l'usage, il faut :

- favoriser la généralisation d'outils intelligents de mesure, d'affichage et de pilotage de la consommation énergétique des locaux d'habitation, bâtiments tertiaires et quartiers, grâce :
  - aux réseaux domiciliaires dont résidentiels permettant la circulation nécessaire des informations,
  - aux capteurs et équipements interconnectés selon des interfaces standardisées,
  - à l'affichage simple des consommations par usage,
- amplifier la sensibilisation de la filière du bâtiment et des gestionnaires aux outils existants d'efficacité énergétique actifs ;
- faire connaître, quantifier les avantages et inciter les consommateurs à utiliser ces outils de mesure, d'affichage, et de pilotage ;
- favoriser des actions exemplaires de l'Etat, des collectivités locales et des gestionnaires publics et privés dans cette gestion éco-responsable.

### **Recommandation 12 :**

***Favoriser la maîtrise de la consommation d'énergie électrique grâce à la généralisation d'outils intelligents de mesure, d'affichage et de pilotage de la consommation énergétique des appartements, bâtiments et quartiers :***

- ***réseaux domiciliaires,***
- ***capteurs interconnectés selon des interfaces standardisées***
- ***affichage simple des consommations par usage***

### 13 OPTIMISER TRANSPORT ET LOGISTIQUE

Afin d'optimiser les transports de marchandises, et par là-même de réduire la consommation d'énergie, il convient :

- de promouvoir la dématérialisation « sans couture » de l'ensemble de la chaîne d'information de la logistique ;
- de renforcer la participation aux groupes de normalisation ;
- d'appliquer dès l'origine des standards internationaux ;
- d'intégrer l'ensemble des documents administratifs (notamment des douanes) ;
- de rendre compatibles les identifiants des étiquettes électroniques avec cette chaîne d'informations, afin d'obtenir la traçabilité complète des marchandises ;
- d'accompagner et former l'ensemble des entreprises de transport et de logistique à ces modèles et à leur utilisation dans le cadre d'un développement durable ;
- de favoriser la mutualisation de l'expression des besoins et de l'utilisation des ressources informatiques.

#### **Recommandation 13 :**

***Promouvoir la dématérialisation « sans couture » de l'ensemble de la chaîne d'information de la logistique, en prenant en compte les étiquettes électroniques***

## 14 EVALUATION DE L'EMPREINTE CARBONE DE L'ENTREPRISE

La comparaison entre entreprises et la cohérence entre les différents maillons de la chaîne de production, de distribution et d'usage des TIC nécessite la mise au point d'outils de mesure à laquelle la France peut contribuer dans le contexte des travaux communautaires et internationaux. Ces outils devraient viser à

- définir des méthodologies standardisées et prévoir leur mise à jour au rythme des évolutions technologiques
- promouvoir l'interopérabilité des systèmes d'informations concernés
- prendre en compte la dimension environnementale dans les progiciels d'entreprise

Ensuite, il convient d'intégrer, dès que faire se peut, les évaluations de l'empreinte carbone des matériels et services TIC dans une étude d'impact globale sur le développement durable de l'économie et de la société : les fédérations professionnelles représentant les TIC publieront d'ici la fin de l'année 2009 les résultats d'une étude qu'elles ont lancée dans ce domaine.

### **Recommandation 14 :**

***Evaluation de l'empreinte carbone de l'entreprise.  
Contribuer (notamment au niveau de l'UE) à établir des outils de mesure permettant des comparaisons cohérentes entre entreprises et intégrer les évaluations de l'empreinte carbone des matériels et services TIC dans une étude d'impact globale sur le développement durable de l'économie.***

## 15 DEMATERIALISATION

Pour généraliser la dématérialisation de l'ensemble des chaînes d'échanges d'informations, de contrats, ou de documents administratifs, il faut :

- poursuivre la dématérialisation des documents administratifs quand le bilan environnemental et social est positif ;
- généraliser les outils d'indexation logique, d'authentification, d'interopérabilité et de recherche intelligente des documents électroniques ;
- s'accorder sur des standards d'échange des informations pour éviter toute rupture dans chacune des chaînes ;
- intensifier les actions de formation et d'accompagnement des structures et des utilisateurs finaux.

### **Recommandation 15 :**

***Généraliser la dématérialisation de l'ensemble des chaînes d'échanges d'informations, de contrats, ou de documents administratifs (travailler sur les outils d'authentification, d'interopérabilité et s'accorder sur des standards d'échange).***

## **16 CONCLUSION**

Les recommandations de ce rapport sont formulées en termes généraux, non contraignants.

Il est clair qu'elles doivent être reprises une par une pour être concrétisées par des actions et des propositions opérationnelles. Le consensus au sein du groupe de travail porte sur leur caractère réaliste et prometteur, sans que le temps imparti ait permis d'explorer en détail les modalités des accords nécessaires à leur mise en œuvre et d'évaluer de façon fiable les gains envisageables pour l'environnement.

## ANNEXE : MEMBRES DU GROUPE PLENIER

- Président du groupe : M. Michel PETIT, MinEIE / CGIET
- M. Stéphane AMARGER, Hitachi
- M. Gilles BERHAULT, ACIDD
- M. Alain-Yves BREGENT, MinEIE/ DGCIS
- M. Henri BREUIL, Meeddat / CGEDD, rapporteur du groupe
- M. Daniel BURETTE, Meeddat / CGEDD
- M. François CHOLLEY, MinEIE / CGIET
- M. Jean CUEUGNIET, MinEIE / CGIET, rapporteur du groupe et de l'atelier 1
- M. Fabrice DAMBRINE, MinEIE - MBCPPPRE/ HFDD
- Mme Olivia FLIPO, Syntec informatique
- M. Bernard FLURY-HERARD, Meeddat / CGEDD, rapporteur de l'atelier 2
- M. Bernard FONTAN, STMicroelectronics
- M. Olivier GAINON, FIEEC
- Mme Gabrielle GAUTHEY, Alcatel
- M. Christian GRELLIER, Bouygues immobilier, Président de l'atelier 2
- M. Didier HUCK, Thomson
- M. Christian HUARD, ADEIC
- Mme Elisabeth JASKULKE, Medef
- M. Francis JUTAND, Institut Telecom
- M. Richard LALANDE, SFR, Président de l'atelier 3
- M. Benoit LAVIGNE, Medef
- M. François MOISAN, Ademe
- Mme Laure REINHART, OSEO, Présidente de l'atelier 1
- M. Loic RIVIERE, Afdel
- M. Gérard ROUCAIROL
- Mme Françoise ROURE, MinEIE / CGIET
- Mme Hélène SERVEILLE, MinEIE / CGIET, Rapporteur de l'atelier 3
- M. Christophe STENER, Alliance TICs
- M. Vivien TRAN-THIEN, Meeddat / DGEC
- M. Jean-Philippe VANOT puis M. Marc FOSSIER, France Telecom
- M. Yannick VICAIRE, Agir pour l'environnement



**Conseil Général de l'Industrie,  
de l'Énergie et des Technologies**

120, rue de Bercy  
Bât. Necker – Teledoc 792  
75572 Paris Cedex 12

N° 2009/05/CGIET/SG

**Rapport de l'Atelier 1 :**  
**Composants et équipements TIC**

Laure REINHART  
Présidente

Jean CUEUGNIET  
Rapporteur

Septembre 2009

# Sommaire

<b>PARTICIPANTS .....</b>	<b>1</b>
<b>1 - INTRODUCTION.....</b>	<b>2</b>
<b>2 - L'ECO-CONCEPTION DES TIC TOUT AU LONG DE LEUR CYCLE DE VIE : LA CONCEPTION/ FABRICATION, L'USAGE, LA FIN DE VIE.....</b>	<b>5</b>
2.1 - L'éco-conception de composants de base.....	5
2.2 - L'éco-conception des produits finis de type PC, serveurs, téléviseurs : <i>La compréhension des processus</i> .....	8
2.2.1 - Généralités - Définition de l'éco-conception.....	8
2.2.2 - L'éco-conception et les grandes lignes de la directive EuP (2005/32/CE).....	8
2.2.2.1 - Le choix des matières premières.....	9
2.2.2.2 - L'optimisation de la fabrication .....	9
2.2.2.3 - Conditionnement, Transport et distribution .....	10
2.2.2.4 - Installation et entretien .....	10
2.2.2.5 Utilisation.....	10
2.2.2.6 - Fin de vie, c'est-à-dire l'état d'un produit consommateur d'énergie ayant atteint le terme de sa première utilisation et en attente de son élimination finale. ....	11
2.2.3 - L'application de la directive ECOCONCEPTION (2005/32) : le règlement sur les veilles.....	12
2.2.3.1 - Règlement sur les modes veille.....	12
2.2.3.2 - Règlement sur les décodeurs numériques simples.....	12
2.2.3.3 - Règlement sur les alimentations externes et chargeurs électriques.....	12
2.2.3.4 - Les téléviseurs .....	13
2.2.3.5 - Textes à venir.....	13
2.2.4 - La normalisation sur les ordinateurs.....	13
2.2.5 - Le cas des « boîtiers » et des décodeurs de télévision numérique (SET-TOP Boxes)...	14
2.2.6 - Les autres réglementations européennes.....	15
2.2.6.1 - La directive 2006/32/CE relative à l'efficacité énergétique dans les utilisations finales.....	15
2.2.6.2 - La directive 92/75/CEE concernant l'indication de la consommation en énergie des appareils domestiques par voie d'étiquetage.....	16
2.2.6.3 - La Directive DEEE 2002/96 et la réglementation concernant les déchets TIC .....	16
2.2.6.4 - La directive ROHS.....	16
2.2.6.5 - La directive REACH.....	17
2.2.7 - Les codes of Conduct (CoC) .....	17
2.2.8 - Les autres initiatives.....	17
2.2.9 - Les lacunes .....	18
2.3 - L'éco-conception des logiciels.....	19

<b>3 - LES BONNES PRATIQUES IDENTIFIEES.....</b>	<b>21</b>
3.1 - Les bonnes pratiques au niveau des industriels : les progrès faits par les industriels et l'émergence d'indicateurs :.....	21
3.2 - Une condition nécessaire pour de bonnes pratiques au niveau des consommateurs : disposer des informations essentielles, compréhensibles et lisibles, fiables, vérifiables .....	23
3.3 - Bonnes pratiques chez les acteurs institutionnels et les services achats : introduction de critères d'éco-conception dans les cahiers des charges publics ou privés :.....	24
3.4 - Prise en compte des critères d'éco-conception dans les projets de recherche et d'innovation.....	25
<b>ANNEXE 1 - QUELQUES REFERENCES .....</b>	<b>27</b>
<b>ANNEXE 2 - QUELQUES ECO- LABELS EXISTANTS (EXTRAITS DU GUIDE DES BONNES PRATIQUES DE L'UTILISATEUR INFORMATIQUE ET TELECOM PUBLIE PAR ALLIANCE TICs).....</b>	<b>28</b>
<b>ANNEXE 3 - EXEMPLES SIGNIFICATIFS DE TRAVAUX DE RECHERCHE DANS LE DOMAINE DE L'ECO-CONCEPTION.....</b>	<b>31</b>

## **PARTICIPANTS**

Mme Laure Reinhart (OSEO), présidente de l'atelier  
M. Jean Cueugniet (MinEIE/ CGIET), rapporteur de l'atelier

M. Stéphane Amarger (HITACHI)  
M. Alain Anglade (ADEME)  
M. Viktor Arvidsson (ERICSSON)  
M. Eric Boschwitz (IBM – FIEEC)  
M. Henri Breuil (Meeddat/ CGEDD)  
M. Jean François Clerc (CEA)  
M. Alain Elie, (ADEIC)  
Mme Isabelle Flory (INTEL – Alliance TICs)  
M. Laurent Gouzènes (STM)  
M. Matthias de Jouvenel (MinEIE/ CGIET)  
M. Jean Pierre Lacotte (THOMSON – SIMAVELEC)  
M. Benoit Lavigne (MEDEF)  
M. Nicolas Leterrier (MINALOGIC)  
M. Didier Pribat (Ecole Polytechnique)  
Mme Françoise Roure (MinEIE/ CGIET)

## 1 - INTRODUCTION

L'atelier dédié aux composants et équipements a élaboré le présent rapport conformément à deux objectifs complémentaires :

A. Profiter de l'accroissement exceptionnel des capacités et performances des composants et systèmes issus des technologies de l'information et de la communication pour favoriser la croissance de l'économie et la compétitivité des acteurs en harmonie avec les objectifs de développement durable.

B. Préparer, en concertation avec les acteurs tant industriels qu'utilisateurs, des propositions d'actions concrètes et réalistes, à destination des pouvoirs publics et des propositions d'engagements des industriels. Ces actions sont destinés à optimiser l'impact environnemental des composants et systèmes au regard de leurs produits et trouver un équilibre entre le maintien de leur compétitivité et le développement d'offres bénéfiques pour un développement moderne et durable.

La feuille de route initiale prévoyait de définir des pistes d'amélioration dans la conception et la fabrication des composants et systèmes afin d'optimiser leur impact environnemental tant à l'étape de la conception, que de l'utilisation (consommations en fonctionnement ou en veille) et de la fin de vie (collecte et valorisation des déchets). Elle prévoyait également de dégager une série d'engagements volontaires des industriels des TIC, basés sur des indicateurs partagés permettant de disposer de produits éco-responsables, et de faire aboutir les travaux dans les instances de normalisation.

Après avoir identifié les difficultés que représente l'évaluation objective par exemple dans le calcul du « bilan carbone », avoir partagé les caractéristiques les plus importantes de ce secteur et en particulier l'obligation de prendre en compte les systèmes dans leur globalité, le groupe a reconnu les progrès spectaculaires réalisés par l'industrie des composants pour développer des produits plus respectueux de notre environnement et la nécessité d'un suivi de cette activité afin de disposer de benchmarks et avoir un cadre de référence pour l'évaluation des gains permis par l'usage des TIC dans d'autres secteurs.

Les recommandations qui résultent de ces travaux font donc l'objet d'un consensus du groupe formé par des représentants de l'industrie des composants et systèmes, des utilisateurs et l'appui de personnalités de la R&D.

### **Rappels sur les TIC**

I. Le secteur des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) est un secteur jeune, innovant et en perpétuelle évolution grâce à la vivacité de la recherche fondamentale et des développements technologiques permettant répondre à des défis toujours plus ambitieux au plan mondial. Le secteur est moins réglementé que d'autres industries plus anciennes et plus matures. Il convient classiquement de trouver l'équilibre entre une réglementation qui freinerait l'innovation foisonnante du secteur et serait rapidement obsolète et un laxisme qui ne permettrait pas d'orienter la recherche et l'investissement de façon optimale.

II. Le caractère diffusant des TIC et les usages des produits qui en sont issus nécessitent d'aborder la question de leur impact environnemental de façon essentiellement holistique. En effet, les produits issus de ce secteur sont souvent les éléments de base d'une chaîne de valeur complexe destinée à de nombreux secteurs d'activité : les composants sont eux-mêmes assemblés en systèmes, dans lesquels seront intégrés des logiciels développés généralement par d'autres, éventuellement vendus à des opérateurs avant d'atteindre l'utilisateur final.

III. L'industrie des composants est très variée (circuits intégrés et composants semi-conducteurs de puissance, écrans, connecteurs, composants passifs, boîtiers, alimentations, refroidissement actifs ou passifs etc.) et ne peut donc être réduite à la production de masse de produits grands publics (téléphones, PC, TV etc) quand bien même elle s'effectue à une échelle allant au million, voire au milliard de pièces chaque année.

#### IV. Importance de l'approche systémique

Le groupe a examiné l'intérêt d'évaluer l'impact environnemental des composants au regard du bénéfice qu'il apporte dans le composant dans l'application où il est intégré.

L'agrégation des différents impacts "fabrication, utilisation, fin de vie" est toujours souhaitable, mais ne peut être réalisée que si les éléments utiles sont identifiables et mesurables.

Les industriels ont insisté sur les limites du concept « empreinte carbone » destiné à approcher de façon systémique l'ensemble des émissions CO<sub>2</sub> associées à la fabrication, à l'utilisation et à la fin de vie d'un produit/service. En effet ce concept récent donne encore lieu à débat en raison de l'absence d'outil et de méthodologie fiables, mais peut néanmoins être ponctuellement très utile dans des cadres limités, par exemple comme aide à l'éco conception, dans laquelle le concepteur doit effectuer des choix pour déterminer la meilleure approche (exemple EIME).

V. En raison de la production française d'électricité peu émettrice de carbone (80% nucléaire et 10% hydraulique), il n'est pas rare que "l'empreinte usage" (consommations cumulées lors de l'ensemble des utilisations) reste inférieure à "l'empreinte fabrication ». Mais le raisonnement à l'échelle communautaire en tenant compte des échanges d'électricité entre pays tend à gommer cette spécificité.

VI. Les membres soulignent l'aspect mondial de l'activité du secteur TIC et la nécessité de travailler au niveau au moins communautaire pour toute action.

**Recommandation liminaire n°1 –**

*Les membres du groupe soulignent les progrès très significatifs enregistrés dans le domaine de l'efficacité énergétique des composants comme des logiciels associés et souhaitent que le rôle des TIC en faveur du développement durable et des économies d'énergie soit mieux connu et mis à profit.*

*De longue date, et avant le Grenelle de l'environnement, cette industrie, dans une logique de compétitivité et d'efficacité énergétique a été « vertueuse sans le savoir ».*

*Ainsi pour la consommation des composants, 1kWh par cm<sup>2</sup> de silicium pour les usines dédiées aux circuits intégrés, représente une diminution de 50% en 10 ans, la baisse annuelle a été de 60% pour les transistors. Dans le même temps, il y a eu croissance exponentielle de leur diffusion, de leurs capacités et de leur performances.*

**Compte tenu des caractéristiques des composants les plus récents, le groupe recommande leur large utilisation et la promotion des projets de « systèmes intelligents » dans les domaines les plus consommateurs (bâtiment, transport, industrie...)**

*Le groupe composants suggère une investigation – avec les autres groupes de la mission DETIC – des projets les plus innovants susceptibles de tirer profit du potentiel des composants pour apporter une contribution déterminante au découplage croissance économique/ impact environnemental. Le groupe suggère d'ores et déjà les pistes suivantes: très haut débit, smart grid, efficacité énergétique, éclairage éco-responsable, télésanté, applications sécuritaires et logistiques, transports intelligents, éducation et administration en ligne.*

## 2 - L'ÉCO-CONCEPTION DES TIC TOUT AU LONG DE LEUR CYCLE DE VIE : LA CONCEPTION/ FABRICATION, L'USAGE, LA FIN DE VIE

Nous adopterons la définition proposée par l'ADEME pour l'éco-conception : « L'éco-conception consiste à intégrer l'environnement dès la phase de conception des produits, qu'il s'agisse de biens, de services ou de procédés. Cette intégration repose sur une approche globale et multicritère de l'environnement et est fondée sur la prise en compte de toutes les étapes du cycle de vie des produits »<sup>1</sup>.



### 2.1 - L'éco-conception de composants de base

Chaque fonction implantée dans le silicium répond à un besoin identifié. Il existe de nombreuses façons de résoudre chaque problème ainsi posé, selon que l'on cherche à optimiser la surface, la consommation, la vitesse, les évolutions futures possibles du problème, l'implantation de la fonction dans un système en fonction des autres fonctions, le coût du développement de la fonction, ...

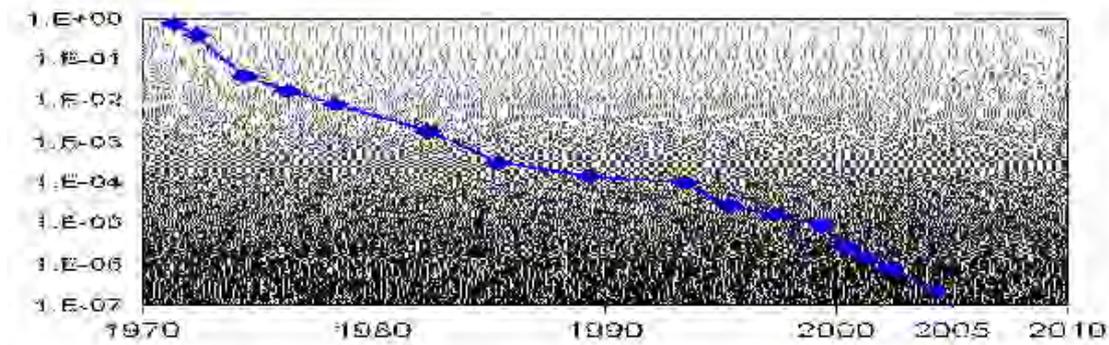
- Les fabricants de semiconducteurs disposent de deux leviers :
  - sur les évolutions technologiques, notamment en réduisant les dimensions des transistors : en effet, lorsque les dimensions diminuent, les voltages et intensités diminuent également, réduisant ainsi la consommation électrique.
  - à technologie constante en prenant en compte très rapidement des résultats de travaux notamment scientifiques sur les architectures et algorithmes.
- L'objectif est de déterminer le bon paramétrage qui optimise en permanence les composants et les systèmes qui les utilisent.

Au final le constat est que les prix diminuent de près de 30% par an et par fonction, traduisant ainsi une économie de cm<sup>2</sup> de silicium, et la consommation diminue d'un facteur équivalent (par exemple les meilleurs téléphones portables permettent maintenant, à batterie constante, maintenant près de 9 heures d'autonomie de parole, contre seulement une heure il y a 10 ans).

---

<sup>1</sup> Eco-conception des produits, Ademe,  
<http://194.117.223.129/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=12922>

L'application de la loi de Moore a eu une influence majeure sur la consommation électrique : **le ratio de consommation électrique par transistor a été amélioré un million de fois en 30 ans.**



**Consommation électrique relative par transistor**  
**Source Intel Corporate Technology Group**

Le groupe a également débattu de l'extrapolation de la loi de Moore dans les prochaines années. En effet :

- La miniaturisation continuera à progresser régulièrement. La feuille de route de l'ITRS (International Roadmap for Semi-conductors) prévoit des dimensions de 45 nm, 32 nm, 22 nm, 16 nm jusqu'à 14 nm en 2020. La technique saura étaler des couches plus fines de Silicium et d'isolants (implanter de nouveaux composants comme les transistors tri-gate et d'autres états intermédiaires permettant de dépasser l'algèbre booléenne) et la montée en fréquences des faisceaux lasers permettra de graver plus finement ces couches même si on arrive à des dimensions très proches de celles des atomes eux mêmes.

- Néanmoins, la tendance observée jusqu'au milieu des années 2000, consistant à augmenter le nombre de transistors par  $\text{cm}^2$  ainsi que la vitesse d'horloge des processeurs a buté sur des problèmes de dissipation d'énergie (due à des effets quantiques comme l'effet tunnel, produisant des courants de fuite), qui accompagnaient l'augmentation de performance des processeurs d'une augmentation au moins linéaire de la consommation électrique !

- Depuis 2004, les fondeurs ont trouvé des solutions à cette dissipation d'énergie par io d'isolants (Hafnium, ou SOI par exemple) et de voltages de plus en plus faible. Les gains de performance ont été accomplis par le choix d'architecture multi coeurs amplifiés par une miniaturisation sans cesse croissante des transistors et des architectures. Ces choix d'architectures des industriels se sont révélés très efficaces en matière d'économie d'énergie. Sans oublier que le microcode aujourd'hui permet d'optimiser la puissance consommée en répartissant dynamiquement la charge entre les divers coeurs, et éventuellement en éteignant provisoirement les coeurs non utilisés. La parallélisation peut avoir des conséquences sur la réécriture de certains programmes, mais celle -ci est facilitée par la mise à disposition de compilateurs adaptés. Voir également une contribution de la R&D à l'annexe 3.

Un autre moyen enfin de contourner le problème est d'adapter le type de processeur à l'usage prévu. La conception durable des produits implique donc de faire une analyse préalable des besoins (en termes de la complexité d'usages, et des performances adaptées, par exemple en matière de temps de réponse) des différents modules afin d'optimiser leur

consommation individuelle, et combinée. Ces approches sont détaillées plus loin sur les boîtiers ADSL et sur les logiciels "energy aware" conçus pour économiser l'énergie.

La conclusion est que le maintien du rythme des évolutions conforme à la loi de Moore, permettra de continuer à réduire la consommation électrique des composants tout en augmentant leur performance au moins à l'horizon de 5- 7 ans voire jusqu'en 2020 horizon encore réaliste dans un domaine aussi évolutif. Toutefois il ne peut être le seul vecteur de réduction de consommation électrique du secteur des TICs, et il faut donc rechercher dès à présent d'autres pistes.

### **La fabrication des composants**

La fabrication des composants fait appel à des procédés physiques extrêmement complexes, et généralement non substituables (du à la multiplicité des étapes technologiques et à leur nécessaire mise en cohérence).

Les gaz PFC (Perfluorocarbure) sont utilisés dans le processus de fabrication, et plus précisément dans l'étape de gravure sèche. Les gaz PFC sont mis en contact de la plaquette de silicium dans certaines conditions physico-chimiques, puis récupérés par un tuyau d'échappement. Selon les usines, ces gaz sont soit rejetés dans l'atmosphère après lavage mais contribuent alors au réchauffement climatique en raison de leur fort pouvoir réchauffant (de 6 000 à 27 000 fois plus important par molécule que le CO<sub>2</sub>), soit traités par craquage au cours duquel les molécules de PFC sont cassées pour produire du CO<sub>2</sub> et du fluor. Les gaz sont alors lavés, le CO<sub>2</sub> s'échappe dans l'atmosphère et le fluor est récupéré puis traité à la chaux en milieu aqueux, duquel on retire des boues de fluorure de calcium qui sont incluses dans la fabrication du ciment. Le bilan en matière de réchauffement climatique est largement bénéfique malgré la production de CO<sub>2</sub>.

Généralement les quantités utilisées en microélectronique sont très faibles par rapport à d'autres secteurs - les quantités utilisées sont mesurées en tonnes et non en milliers de tonnes- car les produits utilisés sont généralement très sophistiqués et d'une pureté extrême ce qui induit un coût particulièrement important.

Les gaz dit "PFC" utilisés dans l'industrie de la microélectronique sont les suivants : C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, CF<sub>4</sub>, CHF<sub>3</sub>, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>, C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>O. Bien que le SF<sub>6</sub> et le NF<sub>3</sub> ne soient pas des PFC au sens strict du terme, ils sont cependant considérés dans l'industrie de la microélectronique comme des PFC et sont comptabilisés comme tels.

Les investissements nécessaires à l'abattement des PFC sont très importants et n'induisent aucun retour sur investissement ; en revanche, ils induisent des coûts d'exploitation (consommation de gaz) et des risques associés à l'utilisation du gaz.

La diminution puis l'abandon de l'utilisation de PFC dans l'industrie de la microélectronique continue à faire l'objet de recherches.

Des études sont actuellement en cours pour remplacer les PFC par d'autres composés fluorés tels que le fluor à l'état pur (F<sub>2</sub>) ou sous forme de trifluorure de Chlore (ClF<sub>3</sub>).

L'ensemble de l'industrie de la microélectronique mondiale, ( au travers du WSC « World Semiconductor Council) a pris l'engagement dans le début des années 2000

de réduire les émissions de gaz à effet de serre dues à l'utilisation des PFC de 10% en 2010 en valeur absolue par rapport aux émissions de 1995. Les méthodes employées ont été :

- de sélectionner les PFC qui ont les meilleurs rendements chimiques (utilisation de PFC avec un pouvoir réchauffant fort et donc utilisé en beaucoup plus petite quantité car la réaction chimique est meilleure d'un point de vue stoechiométrique
- d'utiliser, si approprié, des PFC avec un pouvoir réchauffant moins fort,
- d'utiliser des équipements de gravure humide aussi souvent que possible,
- d'installer des systèmes de recyclage

*Ceci fait ressortir l'intérêt des mesures suivantes :*

- Engagements de réduction et publication annuelle des taux d'utilisation et d'émission de GES, incluant les PFC, indispensables à la fabrication de composants électroniques*
- Publication systématique par les industriels de notices permettant d'optimiser le traitement et le recyclage des déchets en fin de vie des matériels (Acteurs : constructeurs de PC, de téléviseurs...)*

## **2.2 - L'éco-conception des produits finis de type PC, serveurs, téléviseurs : La compréhension des processus**

### **2.2.1 - Généralités - Définition de l'éco-conception**

En ce qui concerne les systèmes informatiques et électroniques, l'approche multicritère adoptée par l'ADEME n'est pas forcément aisée à mettre en œuvre, en raison de la complexité des produits, de la multiplicité de leurs composants et de leurs circuits à la fois de fabrication et de distribution multiples et changeants dans le temps :

Chaque produit peut contenir des éléments émanant de plus d'une centaine de fournisseurs différents, et il n'est pas rare qu'il ait subi jusqu'à sept étapes intermédiaires, avant l'assemblage final. Cette complexité est encore accrue par une flexibilité dans la succession des étapes de production, car elles dépendent directement des choix et arbitrages des divers sous-traitants, même à partir d'un même design de référence. En précisant qu'un produit peut être lui-même décliné selon différentes configurations, la difficulté rencontrée par l'industrie pour maîtriser la chaîne de production de bout en bout apparaît clairement.

S'il reste encore du chemin à parcourir pour disposer d'une évaluation environnementale en mesure de permettre la comparaison de l'empreinte écologique de produits équivalents, issus de constructeurs et de circuits différents (voire des ACV conduits selon des procédures différentes), il est toutefois possible et souhaitable d'optimiser chacune des étapes de la conception et de la vie de ces produits, la rapidité de l'évolution rendant la tâche plus facile. C'est d'ailleurs l'objectif premier des analyses de cycle de vie que chaque constructeur utilise pour déterminer les priorités dans ses engagements environnementaux et donc, le cas échéant, dans les investissements nécessaires.

La directive européenne dite Éco conception (2005/32/CE), structure fortement le contexte pour cette industrie, et notamment lors des travaux sur les réglementations, normalisations et labellisations évoquées ci dessous.

### **2.2.2 – L'éco-conception et les grandes lignes de la directive EuP (2005/32/CE)**

La directive Eco conception constitue le cadre réglementaire communautaire qui s'insère dans le champ du marquage CE.

Une proposition de la Commission est actuellement débattue, selon la procédure de codécision, pour en étendre l'application à l'ensemble des produits ayant un lien avec la consommation d'énergie en considérant l'ensemble de leur cycle de vie.

Cette directive identifie les phases suivantes du cycle de vie du produit /

- sélection et utilisation des matières premières;
- fabrication;

- conditionnement, transport et distribution;
- installation et entretien;
- utilisation;
- fin de vie, c'est-à-dire l'état d'un produit consommateur d'énergie ayant atteint le terme de sa première utilisation jusqu'à son élimination finale.

et elle identifie les éléments à étudier lors de chaque étape :

- consommation prévue de matériaux, d'énergie et d'autres ressources telles que l'eau douce;
- émissions prévues dans l'air, l'eau ou le sol
- pollution physiques prévues telles que le bruit, les vibrations, les rayonnements, les champs électromagnétiques;
- obtention prévue de déchets;

Cette directive cadre est mise en œuvre par des mesures d'application, des règlements selon le texte actuel, mais d'autres modalités sont souhaitées, notamment des accords volontaires.

## **Optimiser la conception des produits et les processus de fabrication**

### **2.2.2.1 - Le choix des matières premières**

L'éco-conception obéit en tout premier lieu à la nécessité pour le producteur d'avoir une approche rationnelle et économe du besoin en matières premières et du processus de production, et c'est là un principe de bonne gestion, avant même d'être un principe de sauvegarde de ressources finies.

Par exemple, la plupart des constructeurs informatiques ont déjà mis en œuvre ces principes d'économie sans forcément communiquer sur le sujet. En réduisant la perte des matières premières lors de la production, ils économisent en devises et en matières premières, mais aussi en éléments annexes (eau, électricité, ..).

Des initiatives apparaissent pour préférer des matériaux recyclables aux plastiques pour les coques d'ordinateurs ou de téléphone, comme l'aluminium ou le bambou, mais cela reste encore souvent assez marginal faute de pression au niveau de la demande des utilisateurs.

Ce choix de matières premières est soumis aux dispositions de la Directive RoHS sur les substances dangereuses et du Règlement REACH (exigences de traçabilité de certaines substances).

Il importe de veiller à la cohérence d'ensemble car, **par exemple entre la directive RoHS et la régulation REACH. De même**, avec le cadre législatif en matière de qualité et de sécurité, l'empilement de ces différentes réglementations, toutes positives en elles-mêmes, peut générer de véritables « casse-têtes » pour les industriels.

### **2.2.2.2 - L'optimisation de la fabrication**

- **Conservation de l'eau et réduction des émissions dans l'air**

Cet objectif qui est majeur dans la fabrication des composants micro-électroniques, reste souvent à étudier sur l'ensemble des chaînes d'assemblages des produits électroniques.

- **Consommation électrique**

C'est le critère sur lequel les industriels se sont déjà le plus concentrés avec succès et sans avoir, à ce stade, épuisé la marge de progrès. La réduction de la consommation électrique doit pouvoir s'appliquer

- aux chaînes de fabrication (pourra être mesuré et publié régulièrement),
- au rendement électrique des produits finis qui doit s'évaluer en mode éteint, en mode veille et en mode activé.

Nota : Si la **mesure de la consommation électrique en mode activé** peut être simple pour des produits prévus pour un usage unique, elle devient plus complexe quand il s'agit de produits comme les ordinateurs, et devra être réalisée dans des conditions normalisées sur des bancs d'essai applicatifs afin de déterminer les performances globales d'une configuration en y simulant la charge de travail d'un ou plusieurs logiciels. Les bancs d'essai applicatifs produisent en effet les résultats les plus objectifs, permettant une comparaison acceptable de produits concurrents. Pour les PC portables, l'autonomie sur batterie est à prendre aussi en compte (comme mesuré par le banc d'essai Mobilemark 2007). En raison de l'évolution rapide des technologies et de l'architecture des microprocesseurs, ces bancs d'essai sont par ailleurs à « actualiser » très régulièrement.

### **2.2.2.3 - Conditionnement, Transport et distribution**

Si le conditionnement commence à être pris en compte par les industries électroniques, les progrès à faire dans les domaines du transport et de la distribution reposent principalement sur l'offre des acteurs de ces filières.

L'industrie des TIC dispose de processus permettant une traçabilité, depuis l'éco-conception, jusqu'au suivi de la chaîne logistique, au travers d'outils d'ERP (Enterprise Resource Planning), de travail collaboratif, et de toutes les technologies mises en œuvre (comme les étiquettes électroniques -RFID- ou les codes-barres). Cette traçabilité, d'abord au sein de l'entreprise, paraît être un préalable indispensable à une future mesure de l'empreinte carbone des produits. La France dispose d'une certaine avance en la matière, grâce au programme TIC-PME, appuyé par les pôles de compétitivité, avec quelques premières mondiales comme l'initiative « Boost aero », ou celle relative au bâtiment, documentées dans le rapport de l'atelier 3).

De nombreux produits TIC voient aujourd'hui leurs caractéristiques (y compris leur poids, leurs consommations électriques..) référencées dans des bases de données tierces, utilisées par l'ensemble de la distribution. Cette source utile d'information contribue à éviter la constitution de bases de données spécifiques toujours difficiles à maintenir à jour dans le foisonnement de l'offre de produit TICs .

### **2.2.2.4 - Installation et entretien**

Les nouvelles technologies de « gouvernement en ligne » ont surtout été conçues pour faciliter l'administration des dispositifs et en réduire les coûts de maintenance.

Ces outils ont un réel impact environnemental, en réduisant les obligations de déplacement de techniciens sur place, voire en permettant d'éteindre l'ensemble des dispositifs la nuit.

### **2.2.2.5 Utilisation**

Bien que cette utilisation soit de la responsabilité de l'utilisateur, il n'y a que des avantages pour tous à ce que les industriels veillent à améliorer sans cesse l'ergonomie et incluent dès la conception de leurs produits, un certain nombre de fonctionnalités qui, utilisées à bon escient, peuvent permettre d'optimiser l'empreinte environnementale lors de l'usage.

### **-Priorité à la gestion de la consommation électrique**

L'annexe 2 détaille quelques mesures pour réaliser de substantielles économies de consommation électriques (mise hors tension, mise en veille automatique...).

### **-Information et sensibilisation des usagers : l'intérêt des engagements volontaires et des éco-labels**

Au-delà des efforts d'ergonomie, il est aussi attendu des industriels un travail d'explicitation et d'éducation des usagers pour leur permettre de mieux acheter, de mieux utiliser et de mieux disposer des appareils en fin de vie, ce qui en retour augmente le taux de satisfaction et la notoriété de l'entreprise..

C'est la démarche d'un certain nombre de regroupements d'industriels, donnant naissance à des engagements volontaires et des labels. Ces démarches permettent aux constructeurs de progresser positivement en matière environnementale et d'en faire un critère de différenciation. Elles doivent rester volontaires (sinon il s'agit de réglementations). La demande en produits labellisés rend le label attractif, ce qui incite les producteurs à remplir les critères demandés. Un avantage est aussi de permettre des adaptations plus rapides que celles permises par la normalisation, en reflétant plus fidèlement les évolutions technologiques. L'inconvénient réside dans leur multiplicité et leur manque de cohérence, ce qui peut nuire à la lisibilité et à rendre difficile la comparaison entre produits.

Elles sont aussi souvent un préalable nécessaire à l'émergence des critères qui formeront la base d'une normalisation à venir.

Le label composite EPEAT suscite une mention spéciale, il est issu d'un groupe privé américain qui a eu le mérite de regrouper un éventail très large de critères environnementaux, tout en permettant aux industriels de choisir où placer leurs priorités dans un premier temps, pour faciliter le développement progressif de conduites vertueuses. Ambitieux et lisible pour les consommateurs, il fait en outre régulièrement l'objet de propositions d'amélioration. Aujourd'hui largement axé sur la consommation des ordinateurs l'organisme EPEAT a signalé récemment (conférence OCDE des 27/28 mai au Danemark) qu'il envisageait d'intégrer le bilan carbone dans ses critères sur les PC, et de mettre en place des labels sur d'autres produits comme les mobiles et les téléviseurs.

### **2.2.2.6 - Fin de vie, c'est-à-dire l'état d'un produit consommateur d'énergie ayant atteint le terme de sa première utilisation et en attente de son élimination finale.**

Le recyclage des produits est soumis à la directive européenne DEEE (2002/96) qui est évoquée ci après.

Le producteur est d'autant plus incité à s'investir dès la conception du produit qu'il peut en tirer parti immédiatement en particulier s'il recycle lui même. Certains constructeurs informatiques avaient d'ailleurs commencé à améliorer la conception en vue du démontage il y a plus de 20 ans, lorsqu'ils récupéraient leurs appareils, soit pour les remettre en état soit pour répondre à la demande de pièces détachées.

Il y a nécessité de prendre en compte la demande des clients même si elle n'est pas toujours explicite, ni forcément cohérente, par exemple pour répondre à la demande de matériaux recyclés, il faut disposer de matières premières secondaires de qualité. Or pour cela, il faut d'abord que les utilisateurs participent suffisamment à la collecte pour disposer de plastiques recyclés...

#### **Recommandation n°2 –**

***Le groupe a souhaité la forte dimension systémique des TIC. D'une part les consommations ou gains des TIC doivent être mesurés en fonction des gains écologiques des systèmes qui les utilisent et d'autre part, l'approche doit être globale, optimisant le produit en fonction des services rendus : la mise en veille de certaines fonctions alors que d'autres restent actives dans des box ADSL est un exemple, de même que la prise en compte de l'empreinte production.***

***Le groupe préconise donc de traiter toutes les questions relatives à l'impact environnemental de la production et du fonctionnement des composants et produits TIC sur un plan systémique, intégrant toutes les composantes intervenant dans leur cycle de vie. Seule cette démarche holistique pourra être admise par les acteurs***  
**Acteurs concernés : Tous**

### **2.2.3 - L'application de la directive ECOCONCEPTION (2005/32) : le règlement sur les veilles**

Cette directive cadre adoptée en 2005 est mise en œuvre par le biais de Règlements communautaires directement applicables. Ne sont évoqués ci-dessous que ceux directement liés aux TIC, à l'exclusion donc des dispositifs d'éclairage ou des moteurs.

#### **2.2.3.1 - Règlement sur les modes veille**

Adopté en Comité le 7 juillet 2008 , il est entré en vigueur le 7 janvier 2009

Le règlement proposé s'applique à tous les appareils électriques utilisés à la maison et au bureau tels que les téléviseurs, les ordinateurs, les fours à micro-ondes, etc. Suivant les fonctionnalités du produit, la consommation maximale autorisée en mode veille est limitée à 1 ou 2 watts d'ici à 2010. A compter de 2013, le niveau de consommation électrique admissible sera abaissé à 0,5 watt ou 1 watt, un seuil proche des niveaux réalisables avec les meilleurs techniques disponibles.

Les économies attendues à l'horizon 2020 sont évaluées à 35 TWh, 14 Mt CO<sub>2</sub>

#### **2.2.3.2 - Règlement sur les décodeurs numériques simples**

Adopté le 26 septembre 2008

Ce second règlement vise à réduire la consommation d'énergie des décodeurs simples qui sont utilisés pour convertir les signaux de radiodiffusion numériques en signaux analogiques pouvant être traités par les téléviseurs communément utilisés en Europe. Leur consommation sera limitée à 1 W dans l'année en 2010, puis à 0,5 W en 2012.

#### **2.2.3.3 - Règlement sur les alimentations externes et chargeurs électriques**

Adopté en Comité le 17 octobre 2008

Une alimentation électrique externe est un dispositif qui convertit l'alimentation secteur en courant d'intensité plus faible pour les appareils ménagers et les équipements de bureau tels que les téléphones portables et sans fil, les ordinateurs portables, les modems, etc. D'ici 2010, les fabricants d'appareils devront s'aligner sur les produits les plus performants existant aujourd'hui, et d'ici 2012, les fabricants devront avoir revu la conception de leurs produits dans une perspective encore plus économe en énergie.

#### 2.2.3.4 - Les téléviseurs

Règlement voté en Comité le 30 mars 2009

Les exigences de performance envisagées sont les suivantes :

Mode marche :

-un an après l'adoption du règlement, le seuil minimal est fixé à la moyenne actuelle des consommations pour les écrans de résolution « HD ready », et un peu plus pour les écrans de résolution « full HD » afin d'éviter les pertes de fonctionnalités

-à partir du 1<sup>er</sup> avril 2012, le seuil minimal est fixé à 80% de la moyenne des consommations actuelles, pour toutes les résolutions

Mode veille :

-moins de 0,5W deux ans après l'adoption du règlement, ce qui correspond à l'étape 2 du règlement horizontal avec 18 mois d'avance.

Enfin, un mode d'extinction automatique au bout de 4 heures sans interaction avec le produit est obligatoire, ce qui est cohérent avec le règlement sur les décodeurs numériques simples. De façon plus technique il est donc stipulé que la consommation d'un téléviseur de surface d'écran A (en dm<sup>2</sup>), ne doit pas excéder, un an après la promulgation de ce règlement,

$(20 + A \cdot 1.12 \cdot 4.3224)$  Watts pour un téléviseur Full HD

$(20 + A \cdot 4.3224)$  Watts pour un téléviseur ayant une autre résolution.

Pour les moniteurs, la formule comprend une partie fixe de 15 W au lieu de 20W.

A compter du 1 Avril 2012, les formules deviendront, quelles que soient les résolutions:

$(16 + A \cdot 3.4579)$  Watts pour les téléviseurs et  $(12 + A \cdot 3.4579)$  Watts pour les moniteurs.

#### 2.2.3.5 - Textes à venir

Il est prévu dans le programme de travail de s'intéresser dans les mois à venir aux :

-réseaux domestiques d'information et de stockage de données (machines fournissant des images et du son type DVD, caméras, projecteurs

-aux matériels de réseau des opérateurs télécom (notamment les boîtiers Adsl déjà mentionnés) et aux téléphones portables

#### 2.2.4 - La normalisation sur les ordinateurs

La standardisation sur les ordinateurs ressort essentiellement des labels, sauf pour les équipements de bureau pour lesquels la Commission a passé un accord avec le gouvernement des Etats Unis et participe au programme Energy Star et se traduit par un règlement 106/2008 imposant aux administrations européennes d'acheter des matériels avec des performances au moins égales à celles requises par Energy Star.

**Les labels les plus couramment rencontrés sont signalés ci dessous et détaillés en annexe, dans un document extrait du guide des bonnes pratiques de l'utilisateur informatique & télécom, publié par Alliance TICs.** Ces écolabels sont locaux, européens, asiatiques ou américains. Certains labels se déploient progressivement au delà des pays où ils sont apparus, par exemple Energy star et EPEAT à l'image de la diffusion des produits. Pour tous ces indicateurs, il existe un indicateur d'incertitude et un seuil d'incertitude qui invalide la pertinence de l'indicateur

Ecolabels						
	<i>Energy Star</i>	<i>EPEAT</i>	<i>Blue Angel</i>	<i>TCO</i>	<i>SWAN</i>	<i>Ecolabel européen</i>
Ordinateur de bureau et portable	X	x	x	X		
Moniteur	X	x	x	X		
Equipement d'impression	X		x	X		
Papier			x		X	X

### 2.2.5 - Le cas des « boîtiers » et des décodeurs de télévision numérique (SET-TOP Boxes)

Les décodeurs de télévision numériques (Set Top Box) sont des appareils électroniques qui déchiffrent, décodent (décompressent) et présentent aux utilisateurs grand public sur des dispositifs de rendu (télévision, moniteur, chaîne audio) les signaux audio, vidéo, graphiques ainsi que des données numériques émises par des opérateurs à travers des réseaux de diffusion (broadcast) ou de communication à haut débit (broadband). Ces appareils sont en général capables de redistribuer le contenu audio, vidéo et données dans l'habitation à travers un réseau domestique local.

On distingue deux types de décodeurs de télévision numérique: d'une part, les décodeurs simples que les utilisateurs se procurent directement auprès du commerce de distribution, d'autre part, les décodeurs complexes fournis par les opérateurs en liaison avec les abonnements à leurs services.

L'efficacité énergétique des décodeurs simples est couverte par le Règlement EU 107/2009 applicable depuis Février 2009 évoqué ci-dessus (2.2.3.1). A titre d'exemple, il définit des limites maximales pour la consommation en mode de veille des décodeurs simples de 1W à partir de Février 2010 et de 0,5W à partir de Février 2012 ainsi qu'une limite de consommation en mode actif des décodeurs haute définition (HD) simples de 8W. Cette consommation en mode actif est inférieure à 10% de la consommation moyenne actuelle des téléviseurs. Il est attendu que la fonctionnalité des décodeurs simples soit dans le futur intégrée dans les appareils de télévision.

Les décodeurs complexes sont fournis aux utilisateurs par les opérateurs à la souscription d'un abonnement à leurs services. Ces appareils sont définis entièrement par les opérateurs qui définissent les tendances et l'état de l'art en termes de service et de performance. Au niveau communautaire, la recommandation en cours d'élaboration et dont l'achèvement est prévu, selon la Commission de façon optimiste, pour Septembre 2009 vise un objectif d'amélioration de la consommation des décodeurs complexes.

La technologie et les composants qui sont développés et perfectionnés pour atteindre et dépasser les objectifs du règlement EU 107/2009 gouvernant les décodeurs simples peuvent être réutilisés pour la réalisation des décodeurs complexes.

Au niveau national, il apparaît raisonnable de s'appuyer sur les travaux européens et de veiller à leur application rigoureuse.

Les fabricants de composants sont techniquement à même de fournir des solutions permettant de respecter ces dispositions.

Sur les chargeurs pour les terminaux mobiles ou les PC portables, l'ensemble des acteurs décisionnels (opérateurs de télécommunications, distributeurs, constructeurs...) devraient s'engager à appliquer dès aujourd'hui les recommandations de la Commission sur le chargeur universel, d'autant plus qu'il s'agit d'un cas de figure où l'impact écologique de la construction excède largement celui de l'utilisation.

**Les Boîtiers d'accès à Internet** Les Boîtiers ADSL (également appelés IAD – Internet Access Device) assurent plusieurs services : lien IP permanent avec le DSLAM de l'opérateur, et, côté abonné, conversion en VoIP de la voix issue du téléphone standard, connectivité Internet pour l'ensemble des équipements du foyer par liaison filaire (Ethernet) ou par liaison sans fil (Wifi), diffusion de chaînes de TV...

Le nombre de boîtiers augmente régulièrement (16,8 millions d'accès ADSL en France au 31 décembre 2008), et la complexité de ces boîtiers s'accroît aussi sous la pression de la concurrence, à prix d'ailleurs presque constant.

De ce fait, la consommation des boîtiers atteint aujourd'hui un niveau significatif trop élevé (10 à 15 W par box, parfois plus soit un total France de près de 200 MW soit 15% d'un réacteur nucléaire EPR) pour plusieurs raisons :

- les opérateurs ont été surpris par le succès des boîtiers, et le contexte de concurrence exacerbée les a poussés à développer de façon récurrente des matériels au moins aussi performants que ceux des concurrents. La rapidité de réaction a largement primé sur l'optimisation de la consommation,
- la notion de veille (selon l'acceptation classique) n'est pas applicable en l'état car le boîtier assure une fonction permanente de liaison avec le « central téléphonique » et doit pouvoir réagir immédiatement lors d'un appel arrivé, ou pour un appel d'urgence.
- la consommation du boîtier est payée par l'utilisateur alors que le prescripteur est l'opérateur.

Sous l'impulsion de la Commission européenne d'une part, de la sensibilisation des consommateurs d'autre part, les opérateurs ont cherché à optimiser le fonctionnement des boîtiers, en différenciant les fonctions qui peuvent être mises en sommeil et celles qui doivent rester actives.

Le CoC objectif 2010 prévoit par exemple un mode actif de 11,3 W et un mode veille de 7,9 W, décomposés comme suit :

- \* main gateway ADSL2+ : 5W (actif) et 4,2 W (veille)\*
- \* Ports Ethernet : 2,2 W (actif) et 0,8 W (veille)
- \* Ports USB : 0,6 W (actif ou veille)
- \* Wifi : 2 W (actif) et 1 W (veille)
- \* FXS ! 1,5 W (actif) et 0,8 W (veille)

## **2.2.6 - Les autres réglementations européennes**

### **2.2.6.1 - La directive 2006/32/CE relative à l'efficacité énergétique dans les utilisations finales**

Cette directive a été adoptée le 5 avril 2006 et fixe principalement un cadre général pour l'efficacité énergétique, notamment un objectif aux Etats membres d'une économie de 9% de l'intensité énergétique, au terme de la 9ème année d'application de la directive. Elle fait référence aux « certificats blancs », ou certificats d'économies d'énergie, et prescrit un rôle exemplaire à l'Etat avec des rapports tous les 3 ans (2007, 2011, 2014).

La France a rendu son premier rapport en février 2008 et elle s'est fixé un objectif allant au-delà de l'exigence communautaire : réduction de 2% par an d'ici 2015 de l'intensité énergétique finale, et objectif de réduction de 2,5 % par an d'ici 2030.

### **2.2.6.2 - La directive 92/75/CEE concernant l'indication de la consommation en énergie des appareils domestiques par voie d'étiquetage**

Elle s'applique aux produits blancs (réfrigérateurs, machines à laver, fours, ...) mais ne contient pas d'exigences pour les produits bruns et gris. La Commission a proposé en octobre 2008 la révision de cette directive, dans le cadre du paquet « consommation et production durable/ politique industrielle durable », qui vise à harmoniser son champ d'application avec celui de la directive relative à l'éco conception des produits liés à l'énergie. Cette directive cadre sera mise en œuvre par des mesures d'application (notamment des règlements (à l'identique des mesures d'éco conception). Les premières mesures d'application devraient intervenir dès 2010. **Il convient d'appuyer l'action de la Commission dans ce domaine.**

Ainsi pour les téléviseurs les dispositions envisagées, à ce stade, sont les suivantes :

- un an après l'adoption de la directive : étiquetage A-G de tous les produits
- 1<sup>er</sup> octobre 2012 : apparition de la classe A-20% obligatoire sur l'étiquette
- 1<sup>er</sup> octobre 2015 : apparition de la classe A-40% obligatoire sur l'étiquette
- 1<sup>er</sup> octobre 2018 : apparition de la classe A-60% obligatoire sur l'étiquette

### **2.2.6.3 - La Directive DEEE 2002/96 et la réglementation concernant les déchets TIC**

A l'issue d'un long débat la directive 2002/96/CE sur les déchets électriques et électroniques (DEEE) a été adoptée le 27 janvier 2003. La France a transposé cette directive par un décret du 20 juillet 2005, qui désigne le producteur des équipements et non le détenteur comme responsable du traitement des déchets. D'autre part, le décret introduit une distinction entre produits destinés aux professionnels et produits destinés aux particuliers. Les collectivités locales sont en outre incitées à poursuivre les collectes qu'elles avaient pu mettre en place précédemment.

Il existe un « échappatoire » peu explicable des producteurs à leurs obligations de responsabilité. La loi française (article 18 du décret du 20 juillet 2005) prévoit en effet que, certes, les producteurs sont responsables de l'élimination, « sauf s'ils en ont convenu autrement » avec leurs clients. Il suffit donc pour s'exonérer de toute obligation d'insérer cette clause « en petits caractères en bas de page » dans les contrats de vente.

Après un bilan cette directive DEEE sera soumise à un réexamen et la Commission fera des propositions de modifications, prévues en 2011.

### **2.2.6.4 - La directive ROHS**

La directive 2002/95/CE du 27 janvier 2003 est relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques (**RoHS**).

La Commission a proposé le 3 décembre 2008 une modification avec un l'objectif d'accroissement de la protection de la santé humaine et de la valorisation des DEEE, d'homogénéité dans l'application des dispositions entre Etats membres, de limitation des charges administratives pour les entreprises (dès lors que le niveau de protection environnementale n'est pas diminué) et surtout de clarification du champ d'application. Ce

dernier fera l'objet d'une annexe spécifique(et non par référence à la DEEE) les définitions clé figureront dans le texte, les modalités d'exemption seront précisées et assorties d'une durée de validité, l'ensemble étant soumis à des exigences plus fortes en termes de contrôle de la conformité

Plusieurs aspects sont actuellement débattus : opportunité d'une liste positive des matériels concernés, modalités d'ajout de nouvelles substances dangereuses, prise en compte de critères socio-économiques pour les exemptions et charge de la preuve.

### **2.2.6.5 - La directive REACH**

Elle fixe des exigences de traçabilité sur certaines substances mais ne présente pas de particularité pour le secteur TIC

### **2.2.7 - Les codes of Conduct (CoC)**

Au niveau européen, la démarche des Codes de bonne conduite vise à une amélioration des performances par stimulation positive des parties prenantes. Cinq codes de bonne conduite sont effectifs ou en cours d'établissement : « Systèmes pour les services de TV numérique »<sup>2</sup> (set-top boxes) depuis 1999 ; « External Power Supplies »<sup>3</sup>, qui utilise les mêmes méthodes de test et les mêmes critères que le programme américain Energy Star, depuis 1999; « Uninterruptible Power Systems » depuis 2007; « Broadband Equipements » depuis 2007; « Centres de Données » (en cours d'adoption).

Cette démarche n'a eu qu'un effet relatif avec des résultats très en-deçà du règlement dans le cas des veilles par exemple et le code de conduite sur les équipements haut débit (depuis 2007) n'a été signé, à ce stade, que par très peu d'acteurs (Thomson, Swisscom, TeliaSonera, TDC Services).

Elle mérite néanmoins d'être poursuivie et à ce titre la Commission a publié une première version (version 0.9 du 12 août 2008) du code de conduite sur les centres de données, couvrant le volet « IT » (efficacité en terme de consommation des équipements du centre de données) et le volet « infrastructure » (systèmes électriques et mécaniques de support).

Enfin, des quotas d'émissions de GES ont été mis en place par la directive 2003/87 du PE, mais ils ne concernent pas encore le secteur des TIC.

### **2.2.8 - Les autres initiatives**

#### **-Au niveau international**

L'ISO a déjà élaboré plusieurs normes (14 064 et suivantes) sur la quantification des gaz à effet de serre, notamment la norme ISO 14 067 sur la quantification et l'étiquetage.

#### **-Au niveau français**

L'Ademe a établi de manière générique et sans spécificité TIC des méthodologies sur les bilans carbone des entreprises, et publié des guides (cf Guide des facteurs d'émission, Version 5.0 de 2007) qui peuvent être utiles pour sensibiliser à l'impact des TIC.

L'Afnor vient également de créer un Comité d'orientation stratégique sur les TIC, dans lequel le développement durable est mis en avant.

<sup>2</sup> [http://ec.europa.eu/energy/demand/initiatives/conduct\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/demand/initiatives/conduct_en.htm)

<sup>3</sup> [http://ec.europa.eu/energy/demand/initiatives/conduct\\_en.htm](http://ec.europa.eu/energy/demand/initiatives/conduct_en.htm)

Dans le secteur automobile qui est très administré (permis de conduire, cartes grises...), le gouvernement a mis en place des systèmes de bonus/ malus visant à promouvoir les achats plus écologiques. Cette démarche pourrait être étendue dans le domaine des TIC, mais la difficulté à surveiller le marché et le côté multiforme de l'empreinte écologique des TIC (production, usage, déchets) rend l'opération excessivement complexe.

### 2.2.9 - Les lacunes

Il est clair qu'une lutte efficace contre le réchauffement climatique exige qu'il existe à la fois des mécanismes d'évaluation de l'impact écologique (positif ou négatif) des projets et que des mesures incitatives ou dissuasives (taxes) sont prises pour orienter les actes des acheteurs et des utilisateurs.

Dans le cadre d'une éventuelle taxe carbone et à l'instar des labels de type RSE (touchant par exemple des sujets comme le travail des enfants), il est très souhaitable de définir des normes, si possible ISO, qui permettent de garantir que l'impact écologique sera calculable et permette les comparaisons.

Ceci suppose, a priori, deux types de normes :

- une méthode de mesure indiquant le périmètre, ce qui doit être pris en compte (CO<sub>2</sub>, déchets...), comment le calculer, comment éviter les doubles comptes, les niveaux d'incertitude acceptables.
- une norme garantissant que l'entreprise met bien en place les outils normalisés et la comptabilité nécessaire pour mesurer ses impacts écologiques (dont bien sûr l'empreinte carbone) y compris chez ses sous traitants, qu'elle minimise l'utilisation de substances dangereuses et qu'elle assure un recyclage des déchets. La conformité à ce label pourrait alors être requise dans les appels d'offres.

Une telle normalisation permettrait, si ce n'est de mesurer l'empreinte écologique de chaque produit, d'avoir des plages permettant un affichage (voire une taxation) adéquat des produits afin d'orienter la demande. A titre d'exemple, on pourrait avoir l'information qu'un PC produit chez tel constructeur (donc dans telle usine, avec tel impact de transport jusqu'en France) a représenté tant de CO<sub>2</sub> en production, qu'il consomme tant d'électricité, qu'il est ou non bien conçu en termes de déchets et mérite donc tel label. La normalisation évoquée ci dessus semble être un préalable à une telle démarche d'affichage sur les produits du type de celle qu'envisage EPEAT sur les PC. Un aval au niveau ISO ainsi que l'extension à d'autres produits sera à rechercher.

Ces considérations ne donnent que plus d'intérêt aux comptabilisations en cours ou déjà effectuées. Ainsi, au sein du Meeddat, les émissions du Cete du Sud-ouest à Bordeaux qui emploie 430 personnes ont été évaluées pour 2007 à 825 tonnes d'équivalent carbone.

Dans ce bilan mené selon les principes ADEME, les transports et déplacements dominent avec 41% du total et le matériel informatique intervient à hauteur de 42 tonnes soit 5%.

***Recommandation N°3 : Mieux mesurer l'empreinte écologique (meilleure traçabilité, actions de normalisation) –***

***La mise en place d'indicateurs caractérisant l'empreinte environnementale de la production des composants fait encore largement débat auprès des professionnels car il est encore aujourd'hui très difficile de l'évaluer de façon incontestable. A ce stade, le degré d'avancement technique des outils d'analyse de cycle de vie, les approximations nécessairement faites au cours d'une telle analyse, l'absence de données suffisamment fiables au regard de la complexité de la chaîne d'approvisionnement ne permettent pas de comparer de manière équitable la performance environnementale de deux produits, au vu des résultats de leur analyses de cycle de vie respective.***

**Néanmoins, le groupe, reconnaissant que l'empreinte du secteur des TIC doit être suivie et que ceci nécessite de renforcer l'approche méthodologique des professionnels du secteur, s'accorde sur :**

**-Le soutien actif (par une présence accrue dans les organismes internationaux de normalisation) à l'émergence de normes ISO définissant la méthode de calcul du bilan carbone et son périmètre, et prévoyant l'intégration de cette méthodologie chez les sous traitants (de manière à enclencher un cycle vertueux visant, de proche en proche, à disposer d'une évaluation fiable de l'empreinte carbone des produits)**

**-de favoriser l'émergence d'éco-labels, ou l'extension du périmètre des éco-labels existants, suivant l'exemple de EPEAT.**

**-La collaboration des industriels pour mieux suivre l'empreinte liée à l'usage des équipements TIC sur le plan national, la mise en place une traçabilité rigoureuse et la diffusion de bonnes pratiques, ainsi que la publication par les industriels en 2012 d'une valeur de l'empreinte CO2 en production par gamme de produit.**

**-le respect, au delà des règlements en application de la directive éco-conception, des démarches dites « soft law » tels les CoC et les recommandations UE et la fourniture par les industriels sur leurs produits des éléments d'information sur les consommations électriques en veille et en fonctionnement (consommations estimées en kWh/an suivant des utilisations statistiquement représentatives).  
Acteurs concernés : Industriels (et administration DGCIS, DGEC pour la normalisation)**

### **2.3 - L'éco-conception des logiciels**

La plus grande partie des produits cités dans l'Atelier 1 comportent des logiciels enfouis ou distribués<sup>4</sup> dont quelques uns intègrent de plus des contraintes de temps réel.

Au premier degré, on peut penser que la consommation énergétique de la plateforme est indépendante des logiciels qu'elle porte. Mais comme ces logiciels sont de plus en plus lourds, la loi de Moore fait que les plateformes qui les portent peuvent avoir des puissances de calcul beaucoup plus importantes avec des horloges et des accès mémoire de plus en plus rapides<sup>5</sup>, ce qui peut entraîner parfois un 'accroissement de consommation électrique malgré certaines parades évoquées ci dessous.

En fait, il a été démontré depuis des années en particulier par le Professeur Hugo de Man de l'université catholique de Louvain et chercheur émérite de l'IMEC que le logiciel pouvait avoir un impact important sur la consommation électrique et ce à plusieurs niveaux :

- Le logiciel lui-même, l'opération de "lavage du software" essentielle en particulier dans le cas de contraintes temps réel. Cette opération consiste après avoir écrit, développé et validé le logiciel à en optimiser l'écriture en critiquant chaque instruction, éliminant tout ce qui n'est pas strictement nécessaire sans détruire la validation avant la recompilation;

- L'optimisation des cycles d'instruction du logiciel pour tenir compte de l'architecture géométrique du processeur et de ses périphériques cachés ou extérieurs au processeur que l'on peut définir comme une recompilation "énergétique";

<sup>4</sup> Dans ce chapitre on ne préjuge pas de l'origine du logiciel, qu'il soit propriétaire ou libre ou mixte.

<sup>5</sup> Si on regarde l'évolution des performances des adaptateurs numériques pour la télévision on constate que de 1991 à 2005 la puissance de calcul est passée de 1 Mips à 300Mips, la mémoire associée de 2Mbytes à 32 Mbytes et que le disque dur intégré est passé lui de 0 à 160 Gbytes. Mais l'histoire ne s'arrêtera pas là car pour 2010 on prévoit 1gigaips, 512 Mbytes et un stockage de 1 terabytes.

- Le remplacement de monoprocesseur ou de multi-monoprocesseurs par de vrais multiprocesseurs massivement parallèles permet de diminuer la consommation pour plusieurs raisons avec:

- \* la division de la fréquence d'horloge utilisée dans le cas monoprocesseur par le nombre de processeurs travaillant en parallèle chacun avec une horloge plus lente, influe directement sur la consommation électrique toutes choses étant égale par ailleurs;
- \* l'optimisation des temps de calcul de chacun des processeurs pour chaque opération;
- \* la possibilité d'éteindre un processeur pour réduire la consommation résiduelle quand il n'est pas utilisé.

La figure 1 ci-dessous illustre l'importance du logiciel sur la consommation d'une plateforme audio Trimedia de Philips pour traiter une seconde de sons. Cette présentation est extraite de la conférence du professeur de Man citée en référence dans l'annexe 1. Elle présente les résultats sur le temps de traitement et la consommation de la mémoire dans les trois cas évoqués précédemment, logiciel original, logiciel après une phase de "lavage" et enfin un traitement parallèle en configuration multiprocesseurs. Les deux gains sont cumulatifs.

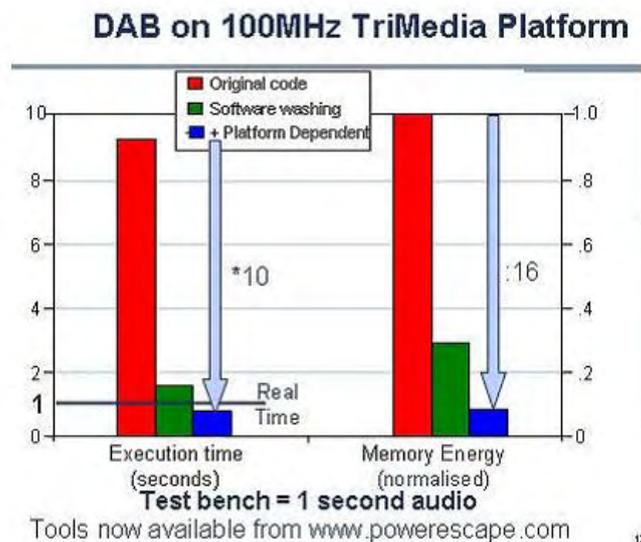


Figure 2 : Consommation d'une plateforme audio Trimedia de Philips, une seconde de sons dans les 3 cas

Les mêmes conclusions ont été tirées lors de la comparaison de la consommation électrique d'un ordinateur avec deux systèmes d'exploitation différents, les résultats ont été du simple au double. A partir de ce constat sur les systèmes d'exploitation et de celui qui précédait sur des applicatifs spécifiques, on peut extrapoler le raisonnement et affirmer que l'optimisation sur le critère "consommation d'énergie" des logiciels d'applications y compris via les services du web sur des plateformes génériques multi usages a un impact important sur la consommation énergétique de ces plateformes. Comme celles-ci se répandent rapidement dans le grand public, il faudrait lancer une réflexion sur la qualification d'un logiciel optimisé mais aussi sur l'impact que pourraient avoir des choix entre applicatifs résidents ou appelés comme dans l'approche SaaS<sup>6</sup>. Cette analyse devra être capable d'estimer aussi les conséquences de tels choix sur les réseaux.

Dans la feuille de route des sociétés travaillant sur ces sujets, la tendance actuelle est bien à l'amélioration de l'efficacité énergétique par l'approche d'une co-conception du matériel et du logiciel grâce à la création d'équipes fortement pluridisciplinaires. Cette approche devrait être

<sup>6</sup> SaaS: Software as a Service

soutenue car il y a peu de chance que la part des logiciels et leur complexité se réduise dans l'avenir. Les réductions de consommation ne pourront pas être uniquement liées à des gains d'efficacité des composants. De leur côté les processeurs doivent aussi continuer car il reste une marge de progrès : si on considère la limite théorique proposée par von Neumann-Landauer, on est encore à quelques milliers de fois l'énergie nécessaire pour commuter un bit.

En revanche l'approche traditionnelle du développement de logiciels enfonis ou distribués n'a pas toujours cette préoccupation, car elle est principalement orientée vers la rapidité de mise sur le marché des applications et vers une diminution importante des coûts de développement. Dans ce cas il est plus rapide d'associer des composants logiciel maison ou sur étagère ou encore d'adapter des couches middleware existantes mais non optimisées pour l'énergie.

Ceci est encore plus vrai dans le développement des applicatifs de toutes sortes.

Voir également en annexe 3 une contribution de la R&D dans le domaine de la co-conception matériel-logiciel.

Il convient donc de faire un effort particulier et soutenu dans la formation tant initiale que continue pour sensibiliser les développeurs à l'éco-conception des logiciels et éventuellement de développer des filières de co-design matériel et logiciel . De tels cursus de formation seront mis en place, car le besoin en spécialistes est tout à fait considérable et correspond au contexte de convergence et à l'évolution massive du contenant vers le contenu.

**Recommandation n°4 –**

***A côté du coût environnemental du matériel (composants et système), il ne faut pas sous estimer le gain énergétique que peut apporter d'utilisation de logiciels mieux optimisés (du simple au décuple !).***

***Le groupe recommande aux concepteurs de travailler à la co-conception (« co-design ») matériel / logiciel qui permet d'optimiser à la fois les temps de traitement mais aussi l'énergie nécessaire à l'obtention du résultat. Pour cela, il est nécessaire que les fédérations professionnelles promeuvent cette démarche auprès de leurs adhérents et que les formations de base des ingénieurs en informatique soient revues en intégrant cette préoccupation dans les fondamentaux de l'informatique afin de donner aux jeunes ingénieurs les outils de base de la co-conception.***

***Acteurs concernés : Entreprises du secteur TIC, administration (partie formation)***

### **3 - LES BONNES PRATIQUES IDENTIFIEES**

#### **3.1 - Les bonnes pratiques au niveau des industriels : les progrès faits par les industriels et l'émergence d'indicateurs :**

**Les membres du groupe soulignent les progrès très significatifs enregistrés dans le domaine de l'efficacité énergétique des composants comme des logiciels associés et souhaitent que le rôle des TIC en faveur du développement durable et des économies d'énergie soit mieux connu et mis à profit.**

Les industriels des composants identifient quatre sources de consommations énergétiques successives :

- la production (dépend du fabricant)
- le fonctionnement (ne dépend que de la technologie du fabricant)
- l'usage (dépend de la mise en œuvre et de l'utilisateur)
- la dé-construction (dépend du processus utilisé)

Dans leur secteur des composants la consommation des sites de production, et notamment des usines de semi-conducteurs, ont fait l'objet d'une attention toute particulière. Depuis 15 ans, la réduction annuelle de consommation énergétique par cm<sup>2</sup> fabriqué est régulière de 5% par an.

Pour le fonctionnement, la miniaturisation accrue des transistors (-30% par an) conduit à une diminution similaire de la consommation. Des travaux nouveaux sur les algorithmes et les architectures sont en plein essor pour diminuer encore la consommation des circuits intégrés complexes. De même, des progrès énergétiques considérables ont été réalisés pour les performances des écrans. Enfin, l'utilisation de composants semi-conducteurs est une source directe de gains pour de nombreux systèmes dans lesquels ils sont intégrés (panneaux photovoltaïques, moteurs électriques, éclairage, transports, mais aussi automobile, aéronautique ou médical etc).

Pour l'usage, les industriels constatent une demande toujours vive pour accroître les fonctionnalités électroniques, les performances de calcul et la mémoire, ainsi qu'une harmonisation mondiale rapide des usages. La quantité de composants semi-conducteurs est ainsi en hausse moyenne de 11% par an depuis 40 ans. Le profil de l'usage individuel (permanent, intense, intermittent, sporadique, ...) est un facteur déterminant dans la consommation finale.

Ces tendances devraient se poursuivre a minima jusqu'à 2012, et plus généralement dans les 10 ans qui viennent.

Du point de vue de l'impact environnemental sur notre économie, l'électronique embarquée dans les transports (voiture, avion, train, infrastructure) joue un rôle crucial.

**Les membres de l'atelier soulignent que l'empreinte du secteur des TIC doit être suivie et qu'il importe tout d'abord de renforcer l'approche méthodologique des professionnels du secteur.**

- Les membres **s'accordent sur l'intérêt de mettre en place des indicateurs d'éco-conception**, relatifs notamment à la consommation électrique et aux déchets, pour orienter la demande des utilisateurs vers les matériels les plus performants écologiquement, et de permettre les choix d'investissements TIC des autres secteurs économiques en connaissance de cause.

L'ensemble des acteurs économiques concernés doivent participer activement aux travaux de réglementation, de normalisation et de standardisation en particulier au niveau communautaire (Règlements éco-conception, normes harmonisées, Codes de Conduite...).

- Les membres de l'atelier adhèrent à la démarche présentée dans la communication de la Commission (Com 111 final du 12 mars 2009) invitant le secteur des TIC à se fixer des cibles et des méthodes de mesure sur les consommations électriques et carbonées, avec notamment des perspectives d'étalonnage.

- En ce qui concerne la mesure de l'empreinte carbone,
  - les outils d'Analyse de Cycle de Vie seront utiles à l'identification des aspects environnementaux significatifs au long du cycle de vie d'une catégorie de produit, afin

de définir les indicateurs environnementaux pertinents pour cette catégorie puis d'orienter les démarches d'éco conception sur les points significatifs identifiés ;  
-à ce stade, le degré d'avancement technique des outils d'analyse de cycle de vie, les approximations nécessairement faites au cours d'une telle analyse, l'absence de données suffisamment fiables au regard de la complexité de la chaîne d'approvisionnement ne permettent souvent pas de comparer de manière équitable la performance environnementale de deux produits, au vu des résultats de leurs analyses de cycle de vie respectives ;  
-Enfin, pour que les analyses de cycle de vie initient une émulation environnementale entre les entreprises, il sera indispensable de disposer d'un référentiel international commun (inexistant à ce jour).

- Pour ce faire, les constructeurs et les pouvoirs publics (Ademe, DGEC) s'engagent à collaborer pour contribuer activement à la définition d'indicateurs relatifs au bilan carbone dans les enceintes pertinentes.
- Les constructeurs d'ordinateurs et de téléviseurs s'efforceront de fournir à compter du début 2012 une fourchette par gamme d'appareils sur l'empreinte carbone de leurs matériels »

### **3.2 - Une condition nécessaire pour de bonnes pratiques au niveau des consommateurs : disposer des informations essentielles, compréhensibles et lisibles, fiables, vérifiables**

Les membres de l'atelier estiment que dans la mesure où l'impact des TIC dépend largement des usages par le consommateur final, il faut que les utilisateurs soient correctement informés sur les bonnes pratiques ; ce qui implique :

- la rédaction de guides et de sensibilisation des utilisateurs,
- l'affichage des performances des matériels dans des termes qui soient compréhensibles et parlants pour les utilisateurs tant professionnels que grand public, tout en étant normalisées pour garantir une comparaison équitable entre produits de même gamme.

#### **Large communication des bonnes pratiques auprès des utilisateurs**

Il semble établi que la réussite collective n'est possible que si les comportements individuels évoluent. Une ergonomie adaptée, la formation, l'information et la communication sont de puissants leviers. Des messages **clairs et simples** peuvent être communiqués par les acteurs économiques, notamment les fournisseurs de systèmes informatiques et de communication. Peuvent être cités, à titre illustratif, des messages du type :

«Un ordinateur-80 à 200W- consomme plus en veille-20 à 60W-s'il n'est pas utilisé au moins 3h par jour. Eteindre son ordinateur quand on ne l'utilise pas ne l'endommage pas. »

ou

« Remplacer progressivement les écrans cathodiques d'ordinateurs par des écrans plats »

ou encore Installer des détecteurs de présence, des minuteries »

ou encore,

« Paramétrer le pilote de l'imprimante pour imprimer en recto-verso. Utiliser l'option deux pages par page imprimée. »

ou enfin,

« je vous garantis que le bouton marche arrêt de votre téléviseur a été étudié pour fonctionner encore après un million de manœuvres, soit un allumage toutes les 10 minutes jour et nuit pendant 10 ans ».

**Pour les ordinateurs**, il est possible et souhaitable de construire autour de la nouvelle version de l'Ecolabel Energy Star 5, un comparateur de consommation électrique. Par exemple, les syndicats professionnels mettront en œuvre d'ici 2011 un dispositif pour les produits s'adressant au grand public, construit autour du label Energy Star et de son périmètre d'application, permettant aux utilisateurs de connaître selon un scénario d'usage, la consommation comparée en mode « off » ( arrêt, déconnecté de la prise électrique), ; en mode « stand by » ( en veille), inactif, parfois juste non débranché ) ou en mode « idle » des configurations mise sur le marché.

***Recommandation n°5 : Une meilleure information du consommateur.***

*Les membres de l'atelier recommandent que dans la mesure où l'impact des TIC dépend largement des usages par le consommateur final, les utilisateurs soient mieux informés sur les bonnes pratiques en matière d'utilisation des systèmes.*

*Cela suppose les actions suivantes sur lesquelles le groupe s'accorde :*

- des actions de rédaction de guides et de sensibilisation des utilisateurs***
- la mise en place par les fédérations ou à défaut par l'Etat d'éco-comparateurs disponibles sur le Web pour différents produits (dont ordinateurs)***
- l'affichage des performances des matériels dans des termes qui soient compréhensibles et parlants pour les utilisateurs tant professionnels que grand public, tout en étant normalisées pour garantir une comparaison équitable entre produits de même gamme.***
- un effort des fabricants et des distributeurs pour améliorer à la fois l'ergonomie des matériels notamment pour les usagers moins technophiles et la rédaction claire et pédagogique des notices afin de promouvoir une bonne utilisation.***
- La transposition rapide en droit national, dès qu'elle sera adoptée, de la directive communautaire étendant notamment aux produits bruns l'obligation réglementaire d'affichage de la consommation comme pour l les produits blancs.***

***Acteurs concernés : Industriels pour les guides, administration (MinEIE) pour la réglementation concernant l'affichage***

**3.3 - Bonnes pratiques chez les acteurs institutionnels et les services achats : introduction de critères d'éco-conception dans les cahiers des charges publics ou privés :**

Les membres du groupe proposent que les acteurs, notamment publics, s'engagent pour favoriser les bonnes pratiques, notamment la prise en compte de critères liés à l'environnement et au développement durable dans les commandes et achats publics.

Les directives européennes publiées en 2004 permettent désormais la prise en compte dans la commande publique de la notion de développement durable. L'introduction de clauses environnementales est désormais une nécessité. Les engagements internationaux pris par la France constituent une incitation à les mettre en œuvre le plus largement et le plus rapidement possible. Ainsi la commande publique, par son impact économique, peut permettre de réduire les conséquences environnementales liées à l'activité des pouvoirs publics et inciter les opérateurs à développer des modes de production et de distribution respectueux de l'environnement. Dans ce cadre, l'OEAP (Observatoire économique de l'achat public) a mis en place un atelier en Juin 2007 sur l'impact économique de l'achat public durable, dont l'objectif est d'intégrer la préoccupation environnementale à tous les stades de la procédure de passation et d'exécution d'un marché public.

Dans le cadre du programme international « Energy star », un label dénommé « Energy Star » a été mis en place en Europe portant sur l'efficacité énergétique des équipements de bureau. Ce label qui permet l'achat de matériels économes est aujourd'hui vivement recommandé en France pour l'achat public de ces équipements. Les guides destinés aux acheteurs publics en Europe recensent des pistes de bonnes pratiques : Conception modulaire des systèmes permettant de changer certains composants (disque dur ou mémoire RAM), mise en place de stock de pièces de rechange, marquage des pièces en plastique, reprise gratuite des équipements usagés... ainsi que des données sur le niveau acoustique, les matériaux utilisés (exclusions de certains halogènes ou substances toxiques, cancérigènes, conditionnement...). De même, la base de données Energy Star offre aux consommateurs la possibilité de choisir les modèles les plus efficaces en terme de rendement énergétique pour une performance donnée.

Ces données permettent de proposer à l'ensemble des acheteurs publics une méthode simple de calcul de coût complet, de coût total d'utilisation sur le cycle de vie ou d'utilisation du produit ou du service, voire un coût complet global, qui pourra être intégrée à leurs cahiers des charges et constituer un critère de sélection des offres.

#### **Recommandation 6 –**

*Les membres du groupe proposent que les acteurs, notamment publics, s'engagent pour prendre en compte de critères liés à l'environnement et au développement durable dans les commandes et achats publics*

*L'aspect environnemental devrait être systématiquement présent dans les critères de dépouillement des marchés publics comprenant des TIC.*

*Acteurs concernés : Administration*

### **3.4 - Prise en compte des critères d'éco-conception dans les projets de recherche et d'innovation**

Dans le cadre des appels à projets dans le domaine des éco-conception ou des domaines connexes, les agences de financement de l'innovation prennent en compte des critères relatifs aux questions environnementales, mais cette pratique est loin d'être courante dans les appels d'offre des autres domaines.

En effet, la mention relative à l'évaluation de critères d'éco-conception reste très rare dans le cadre de l'analyse par les agences des projets d'innovation ou par les jury de concours. Néanmoins, chez OSEO, une équipe dédiée à ces questions a été mise en place et a préconisé, à l'issue de réflexions sur l'acceptation élargie de l'innovation et l'élargissement de ses champs d'intervention, un critère "développement durable" dans les critères d'appréciation utilisable en cours d'instruction des projets.

Ce critère aujourd'hui facultatif et donc peu utilisé en pratique pourrait être rendu obligatoire. De même, l'ANR dans ses appels à projets pourrait inscrire dans son instruction un regard sur les impacts des projets sur l'environnement au sens large.

**Les membres du groupe se proposent de recenser les perspectives de progrès techniques envisageables à horizon 2020 dans les domaines porteurs ou soutenus par l'Etat, notamment via OSEO : solaire photovoltaïque , nouvelles technologies de batteries...**

**Recommandation 7 –**

***Les membres du groupe proposent le recensement des perspectives de progrès scientifiques et techniques envisageables à horizon 2020 dans tous les domaines d'excellence de la recherche académique et industrielle française afin de faire émerger des technologies nouvelles de faible empreinte environnementale et d'en faire la promotion dans le cadre des exercices de stratégie nationale en matière de recherche et d'innovation.***

***Les membres du groupe recommandent que les agences de financement de la recherche et de l'innovation inscrivent l'intérêt environnemental des projets qui leur sont proposés dans leurs critères d'évaluation et de sélection.***

***Acteurs concernés : Agences de financement de la recherche (ANR...)***

## ANNEXE 1 - QUELQUES REFERENCES

### L'éco-conception des logiciels

Challenges to Bridge the Future Technology-Design Gaps: Hugo De Man Senior Research Fellow IMEC Prof. K.U.Leuven Medea Forum 23-24 November 2004. Paris

The Influence of Microprocessor Instructions on the Energy Consumption of Wireless Sensor Networks.

Nicholas D. Lane and Andrew T. Campbell Computer Science Department, Dartmouth College Hanover, New Hampshire, USA [niclane,campbell@cs.dartmouth.edu](mailto:niclane,campbell@cs.dartmouth.edu)

<http://www.eecs.harvard.edu/emnets/papers/laneEmnets06.pdf>

Tensilica white paper: How to Minimize Energy Consumption while Maximizing ASIC and SOC Performance

[http://tensilica.com/white\\_papers/Xenergy\\_Tensilica.pdf](http://tensilica.com/white_papers/Xenergy_Tensilica.pdf)

ITEA-2 Roadmap 3 Software Engineering chapter 9 and technologies of the future chapter 10

[http://www.itea2.org/itea2\\_roadmap\\_3](http://www.itea2.org/itea2_roadmap_3)

**ANNEXE 2 - QUELQUES ECO- LABELS EXISTANTS (EXTRAITS DU GUIDE DES BONNES PRATIQUES DE L'UTILISATEUR INFORMATIQUE ET TELECOM PUBLIE PAR ALLIANCE TICs)**

Ecolabels						
	<b>Energy Star</b>	<b>EPEAT</b>	<b>Blue Angel</b>	<b>TCO</b>	<b>SWAN</b>	<b>Ecolabel européen</b>
Ordinateur de bureau et portable	X	x	X	X		
Moniteur	X	x	X	X		
Equipement d'impression	X		X	X		
Papier			x		X	X



Le label Energy Star, [www.eu-energystar.org](http://www.eu-energystar.org)

*Energy Star* est un programme international concernant **l'efficacité énergétique**. Il a été lancé en 1992 par l'Agence américaine de Protection de l'Environnement (*Environmental Protection Agency, EPA*).

Dans le cadre d'un accord passé avec le gouvernement des Etats-Unis, la Communauté Européenne participe au programme ENERGY STAR pour ce qui est des équipements de bureau (ordinateurs, moniteurs, appareils de traitement d'images).

Le logo *Energy Star* apposé sur un équipement informatique garantit qu'il est économe en énergie aussi bien en mode actif qu'en veille. La version 4.0 s'appuie sur le programme *80 Plus* (<http://80Plus.org>) qui vise à augmenter l'efficacité énergétique des alimentations électriques des matériels informatiques, en fixant un rendement énergétique minimum de 80%.

Sa version 5 pour les PC arrive en juillet 2009, elle est élitiste, car à sa sortie, seuls quelques appareils chez les constructeurs respecteront ce niveau d'exigence.

**La spécification internationale, d'origine américaine, Energy Star ( 4.0) cadre les dépenses électriques comme suit :**

En règle générale, la consommation d'énergie des produits consommateurs d'énergie en mode veille ou arrêt doit être réduite au minimum nécessaire pour leur bon fonctionnement.

**→ Pour les ordinateurs**

- Mode éteint (ACPI S5, par exemple)
  - ≤ 2,0 W – Wake on LAN désactivé
  - ≤ 2,7 W – Wake on LAN activé
- Mode veille (ACPI S3, par exemple)

≤ 4,0 W – Wake on LAN désactivé  
 ≤ 4,7 W – Wake on LAN activé  
 Mode inactif (ACPI S0 Idle, par exemple) :  
 Catégorie A : ≤ 50,0 W  
 Catégorie B : ≤ 65,0 W  
 Catégorie C : ≤ 95,0 W

**→ Pour les blocs d'alimentations**

- \* pour les blocs d'alimentation intégrés :  
 Rendement électrique ≥ 80 % pour une charge nominale de 20, 50 et 100 %  
 Facteur de puissance > 0,9 pour une charge de 100 %
- \* pour les blocs d'alimentation externes (lorsqu'ils font partie du marché) :  
 Les blocs d'alimentation externes doivent appliquer les spécifications Energy Star pour les blocs CA/CA externes et CA/CC (version 1.1, niveau 1)



**Le label composite EPEAT**

[www.epeat.net](http://www.epeat.net)

Créé aux Etats-Unis par le Green Electronic Council (GEC), l'EPEAT (Electronic Product Environmental Assessment Tool, est un outil d'évaluation environnementale des produits électroniques) qui permet aux acheteurs publics et privés de choisir des équipements informatiques (ordinateur de bureau, ordinateur portable et écran) selon 51 critères issus de la norme environnementale IEEE 1680-2006. Son domaine d'application est en train de gagner les pays asiatiques et l'Europe.

Pour évaluer le matériel, EPEAT s'appuie sur 23 critères obligatoires et 28 optionnels.

Ces critères sont classés dans 8 catégories différentes :

- Réduction/élimination des substances dangereuses
- Choix de composants respectant l'environnement
- Prise en compte de la fin de vie du matériel dès la conception du produit
- Durabilité du matériel
- Réduction de la consommation d'énergie
- Recyclage
- Implication de l'entreprise dans une démarche de développement durable
- Emballage

EPEAT propose aux fabricants 3 labels :

		
23 critères obligatoires respectés	23 critères obligatoires respectés 50% des critères optionnels respectés	23 critères obligatoires respectés 75% des critères optionnels respectés



TCO [www.tcodevelopment.com](http://www.tcodevelopment.com)

D'abord conçu pour distinguer les écrans de bonne qualité et respectueux de l'environnement, l'écolabel suédois TCO (Tjänstemännens Centralorganisation, Confédération Suédoise des Employés Professionnels) couvre maintenant aussi les ordinateurs et les imprimantes. Ce label s'appuie sur des critères tels que l'ergonomie du matériel, la consommation d'énergie, la certification ISO 14001 du fabricant, le faible bruit et la « recyclabilité » des matériels.



Blue Angel [www.blauer-engel.de](http://www.blauer-engel.de)

Créé en 1978 par le ministère de l'Ecologie allemand, Blue Angel est la plus ancienne certification environnementale au monde. Ce label s'applique, entre autres, au matériel informatique. Son intérêt repose sur un ensemble de critères très large tels que la prise en compte du recyclage dès la conception du produit, la diminution des pollutions lors de la fabrication, la réduction de la consommation d'énergie, des émissions chimiques, un design ergonomique, et enfin, la prise en compte de la fin de vie des équipements.

*Remarques : Le classement Green Peace, s'il a le mérite de mettre en avant certaines problématiques, n'a pas forcément de valeur scientifique ou tout du moins ne repose pas sur un référentiel de comparaison solide*

*Il ne faut pas oublier qu'un label a un coût pour le constructeur : le plus souvent l'entreprise s'inscrit au label, remet un dossier technique, et dans certains cas, doit faire valider son dossier par un organisme ( moyennant finance) ..*

**Quelques conseils d'utilisation (Cf : brochure alliance TICs *Guide des bonnes pratiques de l'utilisateur informatique et télécoms*)**

#### **-Priorité à la gestion de la consommation électrique**

Pour réaliser de substantielles économies de consommation électriques :

Tout d'abord, tourner l'interrupteur ON/OFF, s'il existe, ou mieux, débranchez l'appareil la nuit, ou quand il n'y a pas de nécessité à laisser l'appareil en veille. Ensuite, il est possible de programmer automatiquement la mise hors tension ou en veille des appareils. C'est le propos des recommandations du consortium *Climate Savers Computing®* :

Mise en état de veille de l'écran : après 15 minutes ou moins

Mise en état de veille du ou des disques durs : après 15 minutes ou moins

Mise en état de veille du système : après 30 minutes ou moins

Pour le réglage des modes veille, vous pouvez consulter le site suivant : [http://www.eu-energystar.org/fr/fr\\_024c.shtml](http://www.eu-energystar.org/fr/fr_024c.shtml) - pour par exemple, apprendre à désactiver les économiseurs d'écran..

## **ANNEXE 3 - EXEMPLES SIGNIFICATIFS DE TRAVAUX DE RECHERCHE DANS LE DOMAINE DE L'ECO-CONCEPTION**

### **Filière CMOS performante et basse consommation**

Le LETI a, en 2009, apporté une contribution majeure à l'Alliance mondiale IBM semi-conducteur en démontrant que la filière FDSOI pouvait permettre de réaliser des composants en 22 nm et avec un niveau de dispersion tout à fait compatible avec les impératifs d'une production de masse de circuits complexes. Ces travaux constituent une première mondiale. Ils ont été très favorablement accueillis par l'ensemble des partenaires de l'Alliance IBM dont IBM lui-même, ST, AMD, Samsung, Toshiba, NEC,.... En effet la filière FDSOI, qui repose sur des substrats originaux (SOI ultra mince) fabriqués par la société SOITEC, permet d'atteindre des points de fonctionnement très intéressants du point de vue du compromis haute performance/basse consommation. Une décision, par l'Alliance IBM, de développer la filière FDSOI pour un des prochains nœuds répondrait bien, de ce point de vue, aux objectifs de Green IT.

### **Création du Centre d'Intégration et de Conception PILSI /Plate-forme computing 2012**

Le CEA et l'UJF (représentant les partenaires académiques INRIA, INPG, CNRS dans le cadre du Pôle International Logiciel Systèmes intelligents) ont décidé de créer en 2009 un Centre d'Intégration et de Conception (CIC) dont le premier objectif sera la maîtrise matérielle et logicielle d'une plate forme de computing ultra low power.

Le projet cœur du CIC s'appelle Plate Forme 2012. Il a été lancé en 2009 par ST microélectronics et par le CEA. 420 hommes ans sur 4 ans seront engagés dont 75 dès 2009. Cette plate forme repose sur une technologie ST 32 nm, une architecture multi-cœur, et des modèles de programmation et d'exécution permettant la reconfiguration dynamique du système afin, notamment, de diminuer drastiquement la consommation.

Cette plate forme, unique en Europe, sera exploitée dans un mode ouvert. Elle a vocation à réunir une très large communauté d'utilisateurs industriels et académiques, les domaines applicatifs allant des systèmes embarqués contraints au niveau de la consommation jusqu'aux grosses unités de calcul (serveurs) dans le cadre d'une démarche green IT;

### **Filière composants de puissance**

L'électronique est appelée à jouer un rôle de plus en plus important dans les transports et le bâtiment, non seulement au niveau de la saisie, du traitement et de la transmission de l'information, mais aussi de l'actuation.

Une analyse des nouveaux besoins en matière de composants de puissance pour l'électrification de la traction des véhicules a été menée en 2008 et finalisée en 2009 par les industriels du secteur et les partenaires de recherche publique (CEA, CNRS). Les résultats sont les suivants: l'électrification des véhicules va renforcer très significativement la part, déjà grande, de l'électronique dans l'automobile; la transition va être rapide, sous la pression de la concurrence; une nouvelle génération de composants de puissance et de composants alliant intelligence et puissance doit impérativement être préparée dès maintenant; la pertinence d'une filière GaN par rapport aux besoins à moyen terme (full hybride/véhicule électrique) a été confirmée par les constructeurs automobile (en effet, cette filière permet à la fois de travailler à des tensions importantes et de réduire les pertes à la commutation. D'où un gain sensible en consommation)

La création des trois Centres d'Intégration Nano-INNOV permettant d'accélérer très sensiblement le développement de la filière sur le territoire national, un consortium

comprenant des industriels et des laboratoires publics (CEA et CNRS), s'est crée pour relever le défi. Les premiers composants, prototypes, sont attendus dès 2011. La filière GaN aura un impact au-delà de l'automobile sur le bâtiment intelligent et le contrôle du réseau électrique intégrant les sources renouvelables.



**Conseil Général de l'Industrie,  
de l'Énergie et des Technologies**

120, rue de Bercy  
Bât. Necker – Teledoc 792  
75572 Paris Cedex 12

N° 2009/05/CGIET/SG

**Rapport de l'Atelier 2 :**  
**Architectures, Réseaux & Centres  
de données**

Christian GRELLIER  
Président

Bernard FLURY-HERARD  
Rapporteur

Septembre 2009



**DE TIC**  
**ATELIER 2**

*Architectures, Réseaux & Centres de données*

**20** *recommandations*  
*pour un développement éco-responsable*  
*d'une compétitivité numérique de la France.*

## CONTRIBUTEURS

### *Participants du Groupe de Travail :*

- Christian GRELLIER, Bouygues Immobilier, représentant du **CIGREF**, président de cet atelier
- Bernard FLURY-HERARD, Conseil Général de l'Environnement & du Développement Durable, rapporteur de cet atelier
  
- ADEME, Alain ANGLADE
- ATOS ORIGIN, Sophie CHAMBON (représentant le **SYNTEC**)
- APC, Paul-Francois CATTIER (représentant **FIEEC**)
- APC, André ROUYER (représentant **FIEEC**)
- BULL, Bruno PINNA
- BULL, Ahcene LATRECHE
- BUSINESS & DECISION, Gérald DULAC
- CAP GEMINI, Jean-Marc LEZCANO (représentant le **SYNTEC**)
- CAP GEMINI, François BORDES (représentant le **SYNTEC**)
- DASSAULT SYSTEM, Guillaume DUFOUR
- HITACHI, Stéphane AMARGER
- HP, Philippe ROUX (représentant **Alliance TICS**)
- INTEL, Yves AILLERIE (représentant **Alliance TICS**)
- IBM, Christian BOUDAL
- INSTITUT TELECOM, Gilbert MARTINEAU
- **MEDEF**, Benoit LAVIGNE
- MICROSOFT, Eric MITTELETTE (Représentant le **SYNTEC**)
- MINEIE/CGIET, Jean CUEUGNIET
- ORANGE, Manfai WONG
- PROSODIE, Pascal LEDIEU
- SFR, Fabrice COUSIN
- THOMSON, Jean-Pierre LACOTTE
- VILLE DE BORDEAUX, Pascal AVARGUES
- VILLE DE BORDEAUX, Christian MAURY

### *Organismes professionnels solidaires de ces recommandations :*

- **CRIP**, Club des Responsables d'Infrastructure et de Production
- **CeSIT**, Comité des Exploitants de Salles Informatiques et Telecom
- **France Data Energie**, initiative d'Atos Origin, Interxion, Colt et Teletcity

## SOMMAIRE

<b>Synthèse du rapport</b>	Page 5
<b>Le contexte</b>	Page 8
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1. Les datacenters sont des leviers d'une économie éco-responsable</li> <li>• 2. Une obsolescence inévitable du parc actuel de datacenters</li> <li>• 3. Un enjeu stratégique d'aménagement du territoire</li> </ul>	<p>Page 8</p> <p>Page 8</p> <p>Page 8</p>
<b>Les tendances probables de cette activité</b>	Page 10
<b>Indicateurs / Normalisation</b>	Page 11
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1. La mise en place d'audits normalisés d'efficacité énergétique</li> <li>• 2. D'autres indicateurs de performance énergétique plus pertinents                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2.1 Efficacité énergétique dite « passive »</li> <li>○ 2.2 Efficacité énergétique dite « active »</li> </ul> </li> <li>• 3. Renforcer la présence de la France dans les organismes de normalisation.</li> <li>• 4. Le datacenter, vers de nouveaux métiers</li> </ul>	<p>Page 12</p> <p>Page 13</p> <p>Page 14</p> <p>Page 14</p>
<b>Efficacité énergétique et économies d'énergies</b>	Page 15
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1. L'adaptation de la puissance à la charge</li> <li>• 2. L'arrêt/redémarrage du SI</li> <li>• 3. Synthèse sur l'adaptation de la charge</li> <li>• 4. La récupération de la chaleur</li> </ul>	<p>Page 15</p> <p>Page 16</p> <p>Page 16</p> <p>Page 16</p>
<b>Aménagement du territoire</b>	Page 17
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1. Constat sur les infrastructures                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1.1 La distribution de l'énergie</li> <li>○ 1.2 Les infrastructures Télécom</li> <li>○ 1.3 Répartition des serveurs / datacenters</li> <li>○ 1.4 Le marché des datacenters</li> </ul> </li> <li>• 2. Le contexte institutionnel                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2.1 Les procédures administratives pour créer un datacenter</li> <li>○ 2.2 Les collectivités locales concernées par les datacenters</li> <li>○ 2.3 Le cadrage de l'état face aux économies d'énergies</li> </ul> </li> <li>• 3. Le positionnement dans le contexte européen</li> <li>• 4. Le datacenter est-il créateur de valeur                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 4.1 Dimension stratégique de l'aménagement du territoire</li> <li>○ 4.2 Dimension économique de l'aménagement du territoire</li> <li>○ 4.3 A qui profite l'installation d'un datacenter en France</li> </ul> </li> </ul>	<p>Page 17</p> <p>Page 17</p> <p>Page 21</p> <p>Page 23</p> <p>Page 24</p> <p>Page 26</p> <p>Page 26</p> <p>Page 29</p> <p>Page 29</p> <p>Page 30</p> <p>Page 31</p> <p>Page 31</p> <p>Page 31</p> <p>Page 31</p> <p>Page 33</p>

• 5. <i>Recommandations</i>	Page 34
<b>Datacenter 2020 – Innovation</b>	Page 36
• 1. <i>Éléments de contexte et de stratégie sur les datacenters</i>	Page 36
• 2. <i>Les lignes de force qui dessinent le futur des datacenters</i>	Page 36
• 3. <i>Le cloud computing : vers un nouvel usage informatique</i>	Page 39
• 4. <i>Recommandations</i>	Page 40
<b>Annexe 1 Données de marché</b>	Page 43
<b>Annexe 2 Les recommandations du CRIP</b>	Page 51
<b>Annexe 3 Etat de l’art</b>	Page 52

## SYNTHESE DU RAPPORT

Le groupe de travail est parti des considérations liminaires suivantes :

- les datacenters sont des leviers d'une économie éco-responsable
- il y a un renouvellement lié à l'obsolescence inévitable du parc actuel de datacenters
- le développement volontariste de datacenters constitue un enjeu stratégique d'aménagement du territoire

Beaucoup de débats ont été menés concernant l'efficacité des datacenters, avec discussion autour des deux indicateurs que sont le **PUE** (Power Usage Effectiveness) et le **DCIE** (Data Center Infrastructure Effectiveness).

Le groupe a été d'avis de compléter le PUE par d'autres indicateurs de performance énergétique plus pertinents, en harmonisation avec les travaux au niveau international.

Il propose ainsi de poursuivre le travail dans deux axes différents:

- **Efficacité Énergétique dite passive**, prenant en compte la partie opération du datacenter et recommandant l'auto-évaluation et la mesure,
- **Efficacité Énergétique dite active**, conduisant à des propositions sur conception bâtiments, le Recyclage air / eau, l'usage des sources alternatives d'énergie telles que Pompes à chaleur, Eoliennes, Photo voltaïque.

Ceci conduit à des recommandations d'adoption de mesures d'incitation fiscale à l'investissement ou renouvellement de datacenter, composé de produits éco-citoyens, et qui auraient déjà des certifications nationales ou européennes officielles telles le CoC, et à l'amélioration de l'efficacité énergétique active des datacenters et, à plus long terme, celles ayant l'empreinte de carbone la plus faible.

### ***Datacenters et aménagement du territoire***

Le groupe recommande d'essayer de rendre plus attractif et plus simple l'implantation de datacenters en France. Il a reçu avec satisfaction la nouvelle ordonnance 2009-663 du 11 juin 2009, instituant une procédure allégée pour les datacenters, et préconise une démarche similaire concernant les aspects de données personnelles. A cette fin, un groupe d'étude devrait être constitué.

Il recommande aussi de créer un marché de type datacenter par le biais des collectivités locales qui, sous leur impulsion, constitueraient des plates formes mutualisées autour des datacenters régionaux (exemple de l'étude d'opportunité faite par la région Corse).

Une incitation de l'Etat à utiliser ces nouveaux centres informatiques de haute performance énergétique, pourrait être menée pour les PME via une prime à la casse des serveurs dans le cadre du passage dans ces centres.

### ***Les facteurs clés de succès***

Plusieurs conditions apparaissent pour que ces recommandations aboutissent à une meilleure maîtrise de la dépense énergétique des centres informatiques :

- ▶ concernant l'Etat, le groupe recommande de passer son informatique du modèle actuel déconcentré à un modèle de **Centres de Services Partagés « Datacenter as a service »**. Ce modèle, générateur d'économies d'échelles, de rationalisation, est le levier principal pour mutualiser les moyens mis en œuvre et exploités au sein des datacenters.
- ▶ revoir le cadre législatif : notamment le traitement fiscal de la conception et de l'exploitation des datacenters.
- ▶ simplifier / revoir les textes actuels qui imposent aux administrations de disposer des informations sur leur territoire propre (y compris au niveau fin des communes) afin de faciliter la mutualisation des moyens informatiques et leur regroupement géographique au sein de pôles de type Datacenters.
- ▶ assurer que les atouts de la France soient connus des principaux investisseurs en datacenter qui sont :
  - les DSI des entreprises mondiales consommatrices de d'information. Ces DSI mondiaux concentrent leurs réseaux mondiaux de datacenters, en choisissant quelques pays répartis sur la planète qui accueilleront leurs datacenters, en principe un seul pour l'Europe.
  - les sociétés d'hébergements de datacenters qui installent leurs sites là où la demande existe, en valorisant leur compétitivité.

### ***Un apport intéressant pour les entreprises***

Les grandes entreprises, dont les besoins et les implantations de centres informatiques dépassent le cadre national, ont créé un organisme, le CRIP, qui s'est attaché à analyser les grandes tendances liées à la conception et à l'exploitation des centres de données en France et d'apporter une réflexion et des solutions sur les problématiques rencontrées ainsi que les grandes questions qui se posent dans ce domaine.

Le CRIP a publié un « Livre Blanc », en Juin 2009, qui couvre différents domaines sur la conception du datacenter et la couverture des risques.

***La convergence des points de vue évoqués dans le rapport du CRIP et ceux évoqués dans le cadre de cette réflexion renforcent le point de vue de la sous commission datacenter dans l'intérêt de développer ce marché en France.***

### ***Les indicateurs***

Le groupe recommande que des indicateurs de suivi soient mis en place face à chacun des sujets évoqués.

- Indicateur N° 1 : Surface en m2 de nouveaux datacenters
- Indicateur N°2 : Nombre de nouveaux datacenters à vocation régionale
- Indicateur N°3 : Nombre de collectivités ayant intégré ces datacenters
- Indicateur N°4 : Nombre de PME /PMI ayant intégré ces datacenters

### ***Datacenter 2020***

Le groupe considère que l'on est arrivé à une limite en matière d'architecture de datacenter : Désormais, pour 1 KWh consommé par un serveur, il faut dépenser 1 autre KWh au moins, pour dissiper la chaleur. Et les technologies de refroidissement classiques sont poussées aux limites de leurs capacités.

Ce modèle de croissance des Systèmes d'Information s'est révélé non durable depuis les années 2006, et ne tire pas tous les bénéfices des performances des puissances de calcul, lesquelles ont connu une évolution 3 fois plus rapide que la célèbre loi de Moore.

De plus, l'arrivée de l'Internet des objets et du « Cloud Computing » va changer profondément le paysage de l'usage des TIC.

Face à ces défis, le groupe préconise :

- de mettre en place un **observatoire de recherche stratégique** sur les impacts du "Cloud Computing" et de lancer des travaux de recherche sur les innovations autour du "Cloud Computing" pour favoriser leur développement en France. Ces activités pourraient être prises en charge par les Pôles de Compétitivité, fédérant l'action des industriels, des centres de recherche académiques et de l'INRIA. Certains projets de cette nature ont déjà été lancés, et cette action devra se renforcer au service d'une stratégie globale.
- de soutenir l'industrie Française dans le **développement des logiciels massivement multi-cœurs** et adaptés à la nouvelle dynamique de puissance des nouvelles technologies.
- de renforcer **l'enseignement des technologies de génie logiciel** pour les adapter aux nouvelles technologies d'infrastructure à contrainte de ressources et à intelligence énergétique. La compétence des enseignants-chercheurs pourra être renforcée par le biais de projets financés par l'ANR.
- de mettre en place des **filières techniques d'Urbanisation de datacenters**. Ces filières sont à l'intersection de certaines disciplines fondamentales et pourront, le cas échéant, être aussi considérées comme des filières de reclassement dans un plan national de soutien à l'emploi.
- de soutenir les innovations autour des datacenters, notamment dans les domaines des solutions d'automatismes intégrés. Il s'agit ici d'encourager des programmes de recherche transversaux à ces différents domaines, dans le cadre de programmes ANR, par exemple, pour aider à réconcilier l'informatique avec son environnement.
- d'encourager la prise en compte des aspects recyclage des bâtiments et des infrastructures au terme de leurs vies. Ce point devrait être traité plus largement par le sous-groupe « Environnement ».
- de faire évoluer la réglementation Française pour prendre en compte les nouvelles évolutions de l'Internet des Objets et du Cloud Computing. Plus que d'une remise en cause, il s'agit ici de capitaliser sur les spécificités qui font de notre réglementation une des plus riches et de celles qui donnent les meilleures garanties de transparence et d'éthique aux opérateurs.

En dernier lieu, nous recommandons également, dans la mise en place des plans d'action, que ceux-ci fassent l'objet d'un suivi formel tous les 6 mois entre toutes les parties prenantes qui ont concouru à l'élaboration des présentes recommandations.

## Le contexte

### 1. Les datacenters sont des leviers d'une économie éco-responsable

La croissance rapide des datacenters est due notamment au déploiement accéléré des nouveaux usages : dématérialisation des process industriels (GED, EDI) et généralisation des process d'entreprise étendue (ouverture du SI aux partenaires de l'entreprise), dématérialisation des procédures administratives (déclaration d'impôts,...), déploiement d'objets communicants (smartphone, m to m,...), généralisation du e-commerce et du e-banking, généralisation du self-care, développement du travail nomade.

Nous sommes dans un phénomène durable de substitution de la consommation d'énergies traditionnelles par de « **l'énergie numérique** ». Cette énergie numérique constitue un levier de compétitivité nationale.

### 2. Une obsolescence inévitable du parc actuel de datacenters

Les datacenters existants vont devoir évoluer à court terme sous la pression de plusieurs facteurs simultanés :

- Une demande toujours soutenue de puissance IT dans les entreprises (+25% par an)
- Un environnement réglementaire plus contraignant: Sarbanes Oxley, Grenelle, EU CoC,....
- Des problèmes d'alimentation électrique et de climatisation sur les datacenters existants (10 à 15 ans d'ancienneté moyenne), en raison de la densité croissante de la puissance de calcul par m<sup>2</sup>.
- Des contraintes nouvelles de géolocalisation : présence de ressources électriques suffisantes et secourues (ex: double boucle de distribution).

Dans ce contexte, les surfaces de datacenters devraient doubler dans les 5 prochaines années et le taux de renouvellement des datacenters existants devrait être beaucoup plus élevé que celui des bâtiments traditionnels.

### 3. Le développement volontariste de datacenters constitue un enjeu stratégique d'aménagement du territoire

Les datacenters représentent les centres de contrôle des grandes organisations et corporations internationales et nationales. Ne pas favoriser leur développement sur le territoire Français - au contraire de la politique incitative d'autres pays - fera qu'un certain nombre de verrous de l'économie mondiale ne seront pas en France.

Plus grave encore : la conséquence pourrait être que les verrous de l'économie Française risquent de ne pas se trouver sur le territoire français, mais à l'étranger.

D'un point de vue du développement économique du pays, la présence de datacenters implique potentiellement le déplacement des centres de décisions, (headquarters régionaux) dans la proximité de ces datacenters. Un peu comme le développement des voies de circulation, ou des installations portuaires, ont contribué au développement de la France au 19<sup>ème</sup> siècle.

Par ailleurs, le développement du « Cloud Computing », par de grands acteurs américains, risque de se heurter à la protection des données privées : en effet, au niveau juridique, le fait que leurs données soient stockées en dehors du territoire constitue un obstacle identifié par beaucoup de clients de ces

nouvelles offres. Proposer de manière compétitive un hébergement de datacenters en France, sera un atout pour la France vis-à-vis de ces majors (Google, Amazon, Salesforce Microsoft).

Avoir une politique incitative au développement des datacenters en France ne demande pas forcément beaucoup d'investissements, mais un alignement d'un certain nombre de régulations bloquantes, handicapant ce développement.

La France a su se doter d'un parc de centrales nucléaires pour être indépendante du point de vue énergétique, qui lui donne un atout certain dans un avenir où l'énergie devient rare, chère, et productrice de CO2. Elle devrait se préoccuper de se créer un parc de « **centrales d'énergie de l'information** » que sont les Datacenters.

## *Les Tendances probables de cette activité.*

- Pour les grandes entreprises multinationales, on assiste à un phénomène de **concentration** des datacenters « corporate » vers des nouveaux bâtiments à meilleure efficacité énergétique. Ces nouvelles installations nécessitent des budgets de 15 M€+
- Pour les entreprises ne souhaitant/pouvant pas consentir un tel investissement en propre, se développent de nouvelles opportunités de faire **héberger/infogérer** leurs infrastructures chez des professionnels disposant de datacenters modernes (faible PUE, haut niveau de résilience).  
Ce phénomène est accéléré par l'adoption par les entreprises de modèles « As A Service » (SaaS), pour aller jusqu'au modèle de « **Datacenter As A Service** »
- Les « salles machines » participeront à l'amélioration énergétique grâce à la modernisation progressive des équipements (davantage de puissance pour une consommation énergétique moindre) et/ou une virtualisation optimisée des applications.
- Les nouvelles architectures logicielles vont également permettre un vrai progrès en terme d'efficacité énergétique : ces nouvelles architectures seront un vecteur important d'économie puisque garante d'une meilleure distribution des traitements.

## Indicateurs/normalisation

Dans ce domaine des indicateurs et de la normalisation, il existe déjà beaucoup d'acteurs et de textes. La figure 1 ci-dessous donne une cartographie des principales parties prenantes américaines, européennes et asiatiques agissant dans le domaine de "l'efficacité énergétique des datacenters"

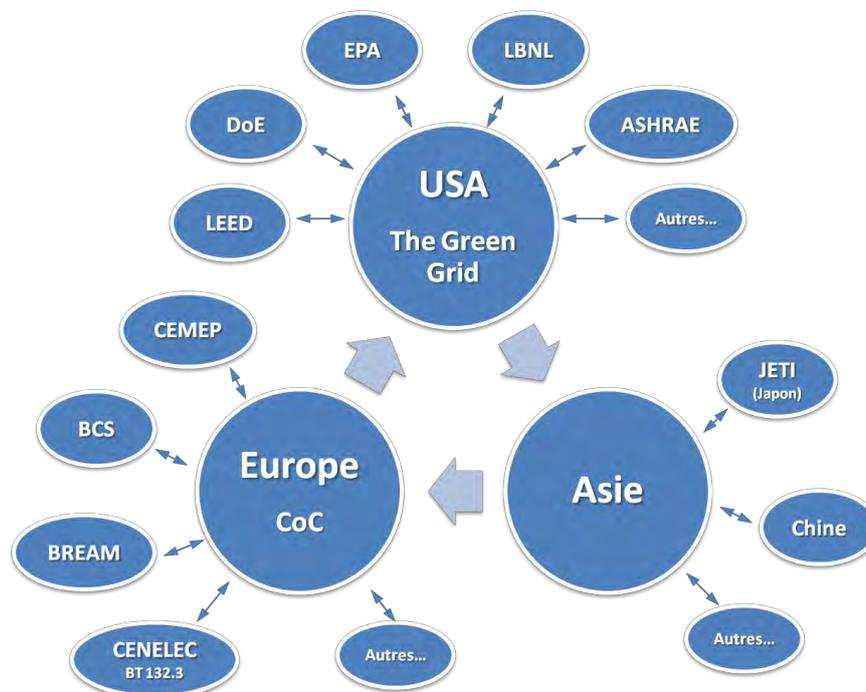


Figure 1: Organismes internationaux

### La convergence USA /Europe / Asie

Une réunion s'est tenue fin Mars 2009 aux Etats-Unis entre le Department of Energy (USA), la Commission Européenne, le JETI (Japon) et The Green Grid, dans le but d'initier des travaux d'harmonisation au niveau international de la mesure de l'efficacité énergétique dans les Datacenters.

Courant Mars 2009, il s'est également tenu une réunion à l'OCDE à Paris qui réunissait l'ISO, la CEI, l'ITU, l'IEA et quelques autres organismes de normalisation pour débattre de ces sujets et de la nécessité de définir des normes globales de mesure.

Des travaux ont démarré au CENELEC (BT 132-3), à la CEI (TC 215) et à l'ISO (ISO 50000).

Parmi les solutions disponibles pour caractériser les datacenters, il est possible de proposer:

### **1. La mise en place d'audits normalisés d'efficacité énergétique (mesure de PUE instantané, évolution du PUE dans le temps)**

- Définition claire et détaillée du cadre de l'objet à mesurer, serveurs, unités de traitement, mémoire de calcul, stations de travail, ordinateur raccordés;
- Paramètres et protocole de mesure.
- Efficacité énergétique des installations, chaîne de froid, chaîne d'alimentation électrique, des équipements, serveurs, infrastructures de stockage et réseau;
- Taux d'utilisation moyen des installations, des équipements, saisonnalité, etc...
- Fréquence de mesure (annuelle, mensuelle, journalière, permanente)

On peut rassembler les méthodes de mesure en, au moins, deux sous groupes :

Aujourd'hui, le plus couramment utilisé est le **PUE**, (Power Usage Effectiveness) développé par le consortium Green Grid qui peut se définir comme " *la quantité d'énergie entrant dans le bâtiment Data Center par rapport à la quantité d'énergie utilisée pour l'équipement informatique qui produit un travail utile* ". Mais le numérateur n'a pas actuellement une définition suffisamment explicite et donne lieu à beaucoup d'approximations rendant la comparaison centre à centre difficile, voire impossible.

Le **DCiE** (Data Center Infrastructure Effectiveness) est également souvent utilisé. C'est l'inverse du PUE et c'est une mesure qui est mieux comprise par les organismes de normalisation, sachant qu'un rendement est par nature inférieur à 100%. Des travaux sont en cours pour expliciter les fonctions du numérateur, en particulier ce que l'on pourrait appeler "l'efficacité de l'équipement informatique" lui-même, c.à.d. le service rendu plutôt que sa propre consommation électrique appelé aussi **DCP** (Data Center Productivity). Pour le dénominateur, il est évident qu'il n'y a pas que la puissance électrique qui rentre en compte.

Dans cette définition, le PUE des installations est en moyenne de 2 à 3 (DCiE de 33% à 50%), les plus performantes dont les chiffres ont été publiés vont de 1,6 et 1,4 (DCiE de 62,5 % à 71%).

Dans la littérature, on trouve quelquefois des valeurs inférieures à celles que l'on vient de citer mais il s'agit souvent d'un artifice de calcul qui consiste à déduire, de l'énergie électrique entrante, celle qui est produite pour le datacenter par tout moyen interne, en particulier les énergies renouvelables locales ou par le recyclage d'air ou d'eau.

S'il est très difficile de comparer à ce jour un centre à un autre, il est toujours possible à fonctionnalités constantes, de mesurer l'évolution de cet indicateur au cours du temps pour en tirer des actions d'amélioration. Une amélioration passe d'abord par la mesure.

Ces recommandations de Green Grid sont complétées par un Code de Conduite défini au niveau européen (EU CoC), qui indique des objectifs d'amélioration au cours des années à venir et qui a repris les premières recommandations de Green Grid.

Il y a la volonté de la commission européenne et du JRC, organisme en charge du CoC, d'harmoniser ses travaux avec ceux de Green Grid.

Dans ces analyses, on ne tient pas compte pour l'instant de l'empreinte carbone du datacenter, y compris celle de la totalité des équipements entrants dans la composition du datacenter et de celle liée à sa déconstruction et son recyclage.

## **2. Compléter le PUE par d'autres indicateurs de performance énergétique plus pertinents en harmonisation avec les travaux au niveau international.**

A la lecture de ce qui précède et des limitations mises en évidence, l'Atelier 2 propose de poursuivre le travail dans deux axes différents:

### **2.1 - Efficacité Energétique dite « passive »**

- Basée sur les travaux actuels et prenant en compte la partie opération du datacenter
- Identification des principaux acteurs et de leur influence actuelle et future
- Recommandant l'auto-évaluation et mesure

Ce premier travail devrait conduire à une élaborer des projets de recommandations pour des mesures d'aide

### **RECOMMANDATION N°1:**

*Mesure d'incitation fiscale à l'investissement ou renouvellement de datacenter innovant suivant des critères (réutilisation de la chaleur, par ex.) évalués par un organisme spécialisé (Ademe,...) et qui auraient déjà des certifications nationales ou européennes officielles telles le CoC.*

### **2.2 - Efficacité Energétique dite « active »**

- Proposition sur conception bâtiments
- Recyclage air / eau
- Pompes à chaleur
- Eolienne
- Photo voltaïque

Ce deuxième travail devrait conduire à une "Recommandations sur aide fiscale sur produits / systèmes favorisant la baisse de consommation en énergie dite active.

### **RECOMMANDATION N°2:**

*Soutenir, par des aides fiscales, les investissements dans le domaine de l'amélioration de l'efficacité énergétique active des datacenters et, à plus long terme, celles ayant l'empreinte de carbone la plus faible, aides du type de celles qui sont actuellement accessibles aux particuliers.*

### **RECOMMANDATION N°3 :**

*L'industrie des datacenters est déjà bien sensibilisée au problème des économies d'énergie et, dans le cadre de ce programme, les datacenters des services public, comme ceux des collectivités régionales, territoriales et locales, devraient se montrer exemplaires et le faire savoir, via une charte de bonne conduite largement communiquée.*

### **3. Renforcer la présence de la France dans les organismes de normalisation.**

Si on compare, dans les organismes de normalisation internationaux ou dans les consortiums ad hoc, la participation d'experts des différents pays, on constate que la France est malheureusement notoirement sous-représentée, la présence anglo-saxonne étant par contre très forte. De plus, la version française (langue officielle dans la totalité des organismes de normalisation internationaux) des normes publiées n'est plus fournie, par manque de traducteurs volontaires.

#### **RECOMMANDATION N°4 :**

*Intégrer, dans l'assiette du crédit impôt-recherche, les participations actives des sociétés françaises et des organismes professionnels dans les consortiums industriels et internationaux. Cette incitation devrait permettre, aux entreprises françaises, de contribuer plus fortement aux actions de normalisation. Il est à noter que certains pays participent déjà au financement des coûts de participation de leurs représentants dans ces organismes internationaux.*

#### **RECOMMANDATION N°5 :**

*Nomination d'un expert au niveau du Centre Commun de Recherche (JRC,) qui travaille sur les Codes de Conduite pour la commission européenne (EU CoC).*

### **4. Le datacenter, vers de nouveaux métiers.**

Les problèmes posés par l'exploitation des datacenters modernes, grands systèmes complexes dont le taux de disponibilité doit être très élevé (sans doute supérieur, à cinq ou six 9) va conduire à de nouvelles spécialisations à BAC+3 et, plus de techniciens et d'ingénieurs très polyvalents, à dominante informatique et réseaux, mais nécessitant aussi une bonne maîtrise des courants forts et courants faibles, ainsi que des compétences thermiques et climatisation.

#### **RECOMMANDATION N°6 :**

*Les licences professionnelles à BAC +3, dont l'adaptabilité rapide aux besoins et la réussite sont reconnues par les étudiants, seraient bien adaptées à proposer de telles spécialités en formation initiale, comme en formation continue.*

## *Efficacité énergétique et économie d'énergie*

### **1. L'adaptation de la puissance à la charge**

Actuellement, la plupart des datacenters restent en service 24 heures sur 24, alors que la demande de puissance informatique varie considérablement selon l'alternance jour/nuit et selon les jours de la semaine.

Cette considération est cependant à tempérer selon les typologies de datacenters :

- Un datacenter d'entreprise nationale moyenne a une période de charge très calquée sur les horaires de bureaux, et généralement très peu de besoin les week-ends.
- Une grande entreprise multinationale, a besoin d'un fonctionnement permanent, mais en général l'implantation géographique, peu homogène mondialement des établissements de l'entreprise, conduira à des créneaux nettement plus chargés que d'autres. (par exemple, les créneaux de travail européens seront nettement plus chargés)
- Enfin, un grand datacenter d'opérateur (type Google, MSN) aura un besoin de puissance plus régulier.

Pourtant, la plupart des datacenters restent au même niveau de consommation 24h sur 24. On peut considérer, dans certains cas, que 50 % de la consommation (nuits, week-end) est injustifiée.

Les raisons, qui expliquent cette situation, proviennent essentiellement de la difficulté à mettre hors tension et à réinitialiser un grand Système d'Information. Les procédures pour « remonter » une série de bases de donnée et de réseaux peuvent demander plusieurs heures, et ne sont pas exemptes de risques (incidents conduisant à l'impossibilité de relancer).

Cependant, des techniques d'adaptation de la puissance offerte à la charge commencent à apparaître.

Il serait donc intéressant d'inciter les datacenters à s'équiper en matériels de ce type.

Il est à noter cependant qu'une baisse de consommation peut entraîner une augmentation du PUE et vice versa.

Le PUE mesure l'efficacité énergétique d'un système, donc le rapport de la consommation totale du Data Center sur la consommation de la charge informatique. Une baisse de la charge informatique de 10% (ex : virtualisation de serveurs) sans y associer une baisse de la consommation des infrastructures électriques ou de refroidissement affecterait négativement l'efficacité énergétique alors que la consommation diminuerait.

Consommation énergétique et PUE sont deux composantes différentes qu'il est nécessaire de mesurer dans la durée et à fréquence régulière à savoir annuelle, mensuelle, journalière ou de façon permanente dans le cadre de protocoles normalisés. Il est déterminant d'analyser et de comprendre les écarts sous peine de prendre les mauvaises décisions.

## 2. L'arrêt/redémarrage de SI

Il s'agit là de considérations à plus long terme.

On peut, en effet, envisager d'arrêter tout ou partie d'un système d'information. L'analogie avec le "stop and start" peut être citée: il était un temps où les constructeurs automobiles considéraient comme impossible de couper le moteur durant l'arrêt (pb décharge batterie, latence au démarrage, etc). Ce dispositif est désormais au point.

Progressivement, des technologies matérielles et logicielles apparaissent, qui permettraient de réaliser la même fonction pour arrêter une partie d'un système d'information. Cela nécessite, outre des fonctions de contrôle portant sur le matériel, de disposer de couches logicielles permettant d'automatiser ce processus, notamment en disposant de fonctions d'orchestration qui modéliseront les configurations logicielles pour arrêter et ensuite redémarrer en bon ordre les logiciels constituant l'application.

Ce sujet représente encore aujourd'hui un domaine de recherche, pour lequel nous recommandons que des incitations à l'innovation soient mises en œuvre. Au delà, il faudra aussi que les exploitants de datacenters modifient leurs processus de gestion, en mettant en exploitation les outils d'orchestration qui réaliseront cette fonction.

## 3. Synthèse sur l'adaptation à la charge

Deux mesures peuvent donc être proposées dans ce domaine :

- Inciter les datacenters à implanter des matériels à consommation adaptative, en fonction de la charge (usage de technologies actuelles)
- financer des recherches sur l'arrêt/redémarrage souple des SI

## 4. La récupération de chaleur

De même, la récupération de chaleur paraît au groupe difficile à l'heure actuelle ; les expériences étant plutôt décevantes en ce domaine.

Cependant, afin de ne laisser aucun « trou dans la raquette », et ne préjugant pas des capacités d'innovation et du progrès des années à venir, le groupe suggère de lancer des programmes de recherche et de développement sur la récupération de chaleur des DC.

## Aménagement du territoire

### 1. Constat sur les infrastructures

#### 1.1 La distribution de l'énergie

L'ouverture du marché de l'électricité, consacrée par la loi du 10 février 2000, a abouti à la création en juillet 2000 de RTE, le gestionnaire unique du réseau de transport de l'électricité en France. La loi du 9 août 2004 et le décret du 30 août 2005 ont transformé RTE en Société Anonyme, filiale à 100% du groupe EDF.

Au lendemain de l'ouverture totale à la concurrence des marchés de l'électricité le 1er juillet 2007, RTE demeure une entreprise appartenant au domaine régulé. Ses missions, qu'elle exerce sous le contrôle de la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE), sont définies dans le Contrat de service public, signé le 24 octobre 2005 avec l'Etat pour une période de deux ans, en application de la loi du 9 août 2004.

Les missions de service public de RTE, financées par le tarif d'utilisation du réseau public de transport, peuvent être résumées autour de quatre grandes problématiques :

- Gérer le réseau public de transport d'électricité
- Garantir l'approvisionnement en électricité de la France
- Garantir la sûreté du système électrique français
- Faciliter et sécuriser les échanges d'électricité au cœur de l'Europe

#### Les ouvrages et leur fonction

Pour être acheminée depuis les centres de production vers les consommateurs, l'électricité emprunte des chemins successifs : Le réseau de grand transport, destiné à transporter des quantités importantes d'énergie sur de longues distances et le réseau de répartition, destiné à répartir l'énergie en quantité moindre, sur de courtes distances. Le transport à l'échelle locale est assuré en moyenne tension (20 000 volts) et basse tension (380 volts et 220 volts) par les réseaux de distribution.

#### Le réseau de grand transport

Le transport de l'électricité à l'échelle nationale, voire européenne, est principalement assuré en 400 000 volts. Véritables "autoroutes de l'électricité", ce réseau de plus de 13 000 kilomètres permet de transporter l'électricité sur des très longues distances. Ce niveau de tension permet de réduire les pertes en ligne (chaleur dissipée dans les conducteurs).

Ses principales fonctions sont d'assurer :

- l'équilibre entre la production et la consommation d'électricité à l'échelle du territoire national et de compenser les déséquilibres intra, inter-régionaux et internationaux,

- le secours mutuel entre pays interconnectés, dès que l'un d'eux enregistre un déficit de production ou une consommation accrue, afin de limiter les risques de panne électrique généralisée,
- les échanges d'énergie sur l'ensemble du territoire français, et avec les pays voisins, dans le cadre du marché européen de l'électricité.

### ***Le réseau de répartition***

Le transport à l'échelle régionale ou locale est assuré en 225 000, 90 000 et 63 000 volts. Il est comparable au transport par routes nationales (225 000 volts) et départementales (90 000 et 63 000 volts) qui acheminent l'énergie électrique vers les postes sources des distributeurs. Les grands clients industriels y sont généralement raccordés directement.

### ***La fluidité du marché : un enjeu européen***

La France, via RTE, participe à la construction du marché européen de l'électricité en facilitant et sécurisant les échanges d'électricité entre les gestionnaires de réseaux de transport d'électricité européens, notamment par le biais d'échanges d'informations sur les flux d'électricité et le renforcement des interconnexions.

La fluidité du marché requiert des conditions techniques : l'existence d'un grand réseau synchrone européen et une harmonisation des conditions d'accès au réseau dans toute l'Europe.

### ***Réseau synchrone***

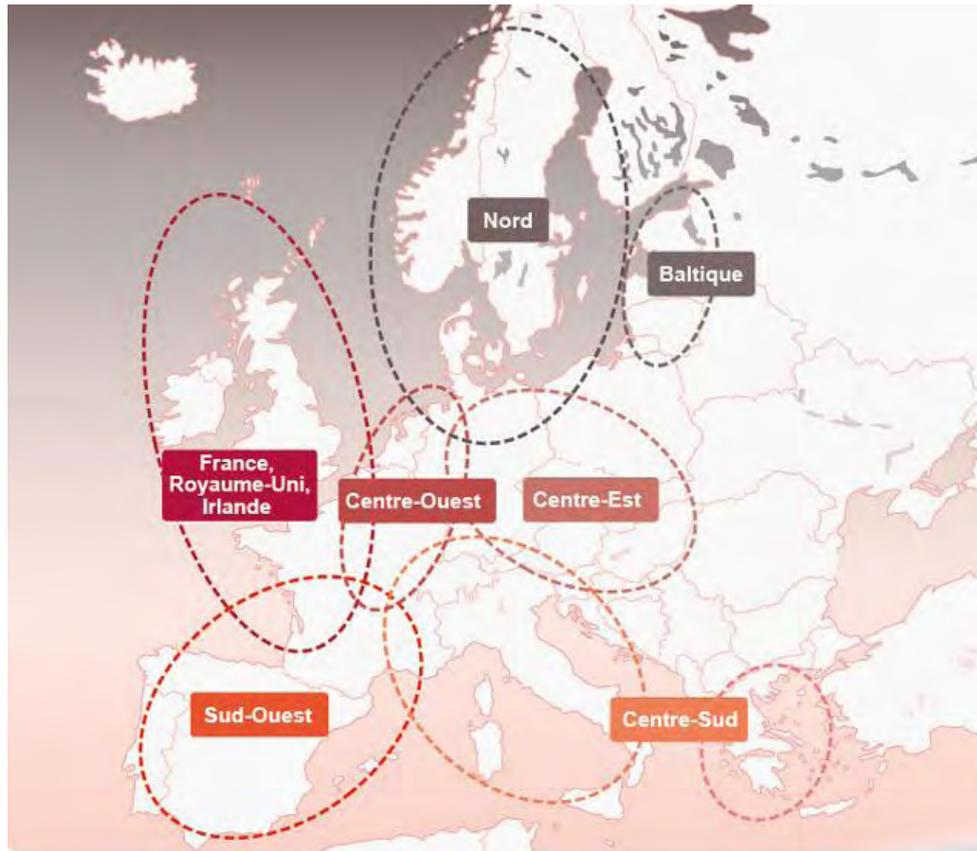
Un acteur déterminant l'UCTE (Union pour la Coordination du Transport d'Electricité) définit les règles d'exploitation des interconnexions européennes. L'UCTE regroupe les gestionnaires de réseau de 23 pays d'Europe et coordonne le fonctionnement et le développement du réseau européen, du Portugal à la Pologne et des Pays-Bas à la Roumanie et à la Grèce.

Aujourd'hui, le réseau continental européen fonctionne à la même fréquence de 50 Hertz. Avec 210 000 km de lignes à très haute tension, il dessert 450 millions de personnes pour une consommation annuelle de plus de 2 500 milliards de kWh.

Dans une logique de construction progressive du marché intérieur de l'électricité, les "Initiatives Régionales européennes" permettent de franchir une nouvelle étape. En effet, lancées en 2006 par l'association des régulateurs européens (ERGEG), elles visent à harmoniser les règles et outils d'accès aux marchés sur les "régions" européennes.

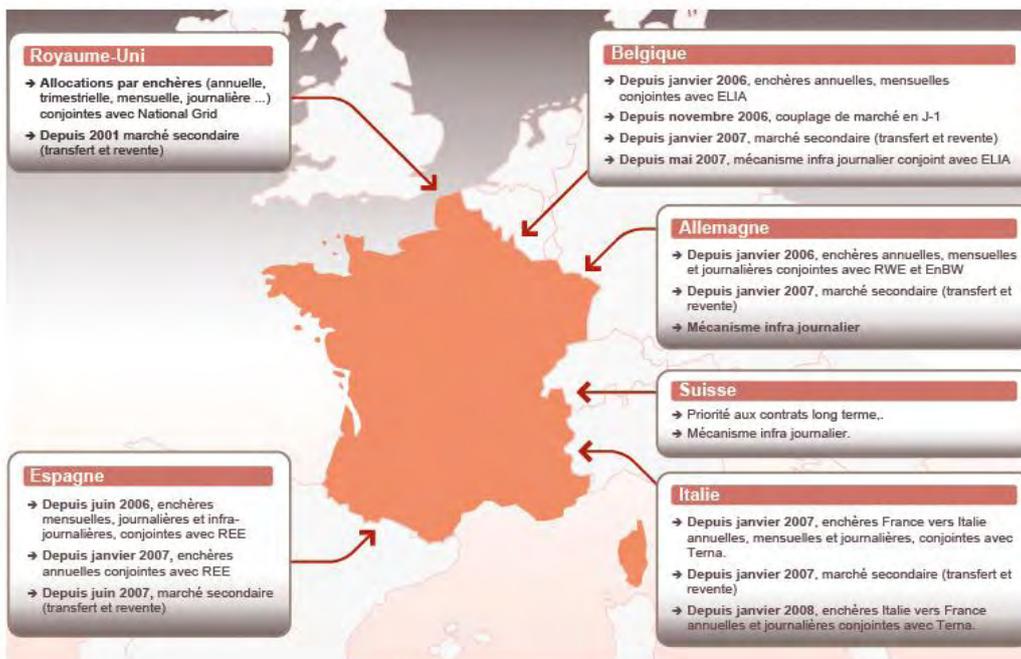
Géographiquement situé au carrefour de quatre de ces "régions", la France, via RTE, participe à quatre Initiatives Régionales européennes :

- l'Initiative Régionale "Centre-Ouest européen" (France, Bénélux, Allemagne)
- l'Initiative Régionale "France – Royaume-Uni - Irlande"
- l'Initiative Régionale "Sud-Ouest européen" (France, Espagne, Portugal)
- l'Initiative Régionale "Centre-Sud européen" (France, Italie, Suisse, Allemagne, Autriche, Slovaquie, Grèce)



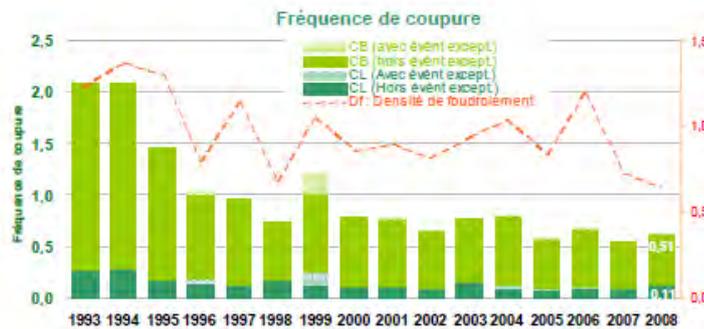
Source RTE

### Les mécanismes existants d'allocation de capacités aux frontières



Source RTE

La qualité du réseau est suivie et en amélioration régulière (RTE : rapport annuel sur la qualité de l'électricité)



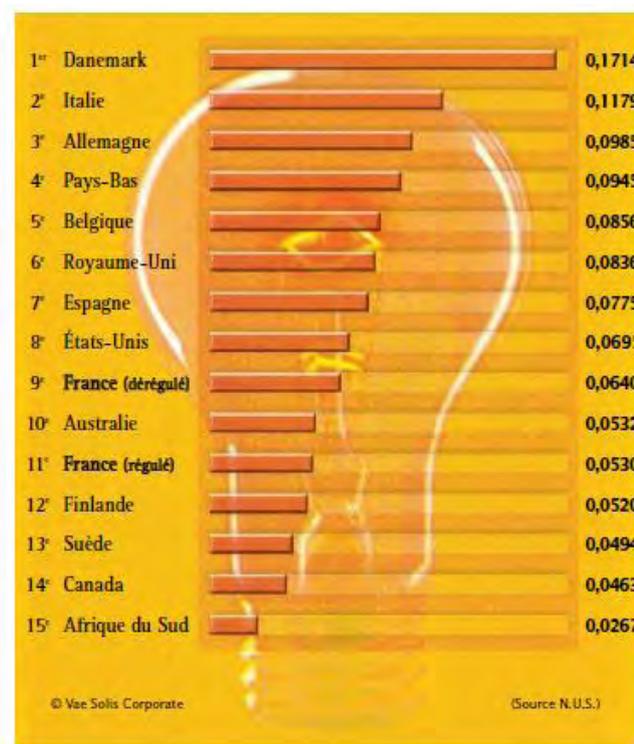
En 2008, les sites raccordés au Réseau Public de Transport ont subi en moyenne :

- 0,11 Coupure Longue (CL)
- 0,51 Coupure Brève (CB)

A fin 2008, les engagements pris dans le contrat RTE d'accès au réseau sont respectés pour plus de 90% des sites

	Industriel	Distributeur
Taux de sites pour lesquels tous les engagements sont respectés	92,7%	90,2%

Les prix de l'énergie évoluent et peuvent être différents entre un marché régulé et un marché dérégulé



Source: National Utility Service Consulting Group

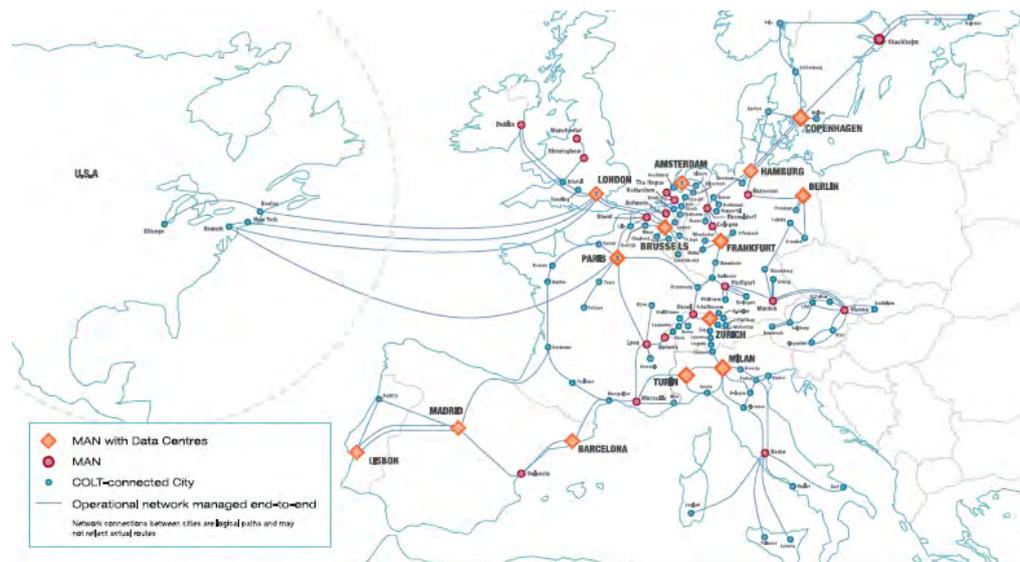
Cette étude est basée sur les prix en cours au 1er avril 2007, pour une puissance de 1 000 kW dans une entreprise dont la consommation mensuelle est de 450 000 kWh. Tous les prix sont exprimés en euros par kilowatt heure, hors TVA. En présence de plusieurs fournisseurs, une moyenne non pondérée des prix disponibles est utilisée comme base. Lorsqu'ils étaient disponibles, les tarifs commerciaux proposés sur le marché déréglementé ont été utilisés dans cette étude.

**La France se situe à un carrefour des réseaux de distribution et possède un prix de l'énergie compétitif, elle est donc en bonne position « européenne ».**

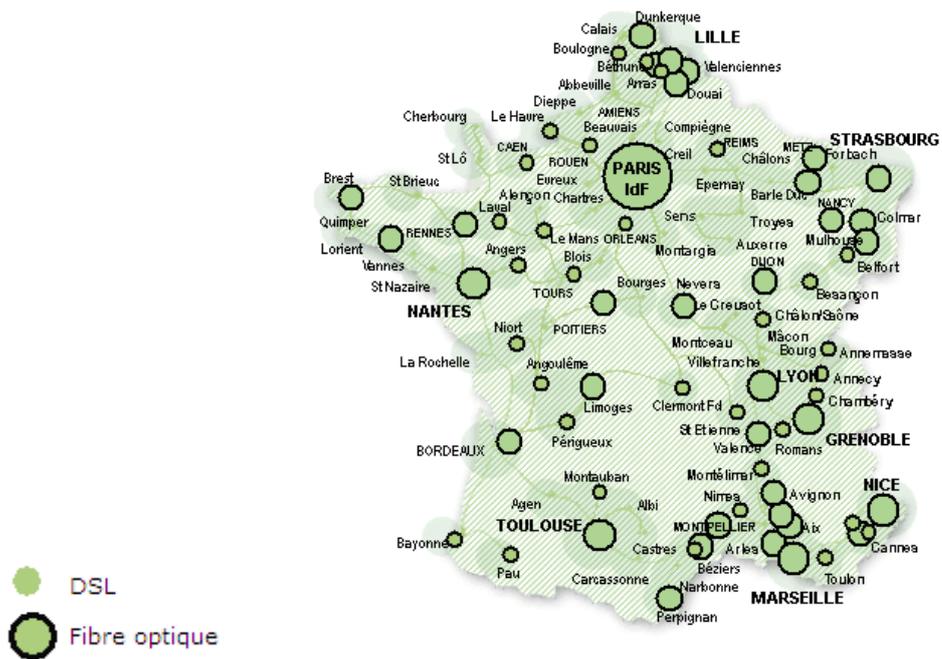
## 1.2 Les infrastructures télécom

Les infrastructures Telecom sont fortement développées, via l'opérateur historique France Telecom. L'ouverture du marché a permis à d'autres acteurs de développer leur réseau.

Le déploiement des réseaux hauts débits, via la fibre optique est un élément très important pour le développement et le rôle que peuvent être amenés à jouer les centres informatiques.



Le réseau de l'opérateur COLT



*Le réseau de l'opérateur Completel*



*Réseau fibre optique de l'opérateur Celeste*

De par sa mission de service public « RTE déploie un réseau de fibres optiques sur ses installations pour ses besoins de télécommunication de sécurité. Avec au total 15 000 kilomètres de fibres déployées d'ici 2009, le réseau optique de RTE figurera dans les quatre premiers réseaux de télécommunications à haut débit en France.

Le réseau de transport de RTE constitue une opportunité particulièrement attractive pour faciliter l'accès au haut débit à moindre coût. Avec une structure maillée et 2 300 points de desserte voisins des agglomérations, il permet potentiellement de desservir la totalité des villes de plus de 7 000 habitants et plus de la moitié des villes de plus de 5 000 habitants. Cette densité permet aussi de desservir les zones rurales ou montagneuses « excentrées » avec un coût compétitif ; la technique de pose ne nécessitant pas de travaux de génie civil. » (Source : site RTE)

### 1.3 Estimation du nombre et de la répartition des serveurs / datacenters

Une estimation de la répartition des serveurs en France peut être approchée, en fonction des institutions en charge de suivre les ventes d'équipement.

La vente de serveurs s'établit aux alentours de 300 000 serveurs sur 2008, soit une croissance d'environ 2 à 3 % sur 2008, au lieu de 7 à 8% entre 2006 et 2007. Ce qui était plutôt la tendance générale constatée ces dernières années.

	Trimestre											
	T1 06	T2 06	T3 06	T4 06	T1 07	T2 07	T3 07	T4 07	T1 08	T2 08	T3 08	T4 08
Total Volume Server	61 097	65 040	56 327	81 680	66 161	68 981	66 574	83 266	72 655	75 850	65 336	80 956
Total Midrange Enterprise Server	1 718	1 771	1 875	2 096	1 794	1 847	2 155	2 056	1 031	1 533	2 654	1 118
Total High-End Enterprise Server	72	89	54	82	63	85	54	116	45	61	40	56
Total Général (nombre de serveurs)	62 887	66 900	58 256	83 858	68 018	70 913	68 783	85 438	73 731	77 444	68 030	82 130
Total Annual Serveurs vendus	271 901				293 152				301 335			

Source IDC tableau 1

### Server Unit Shipments in France, 2002-2008

2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
163 228	184 946	227 803	259 573	285 329	305 739	312 819

Source Gartner, Inc. "Servers Europe Annual Market Share: Database" by Errol Rasit et al, March 13, 2009

Tableau 2

### Croissance entre 2002 et 2008

2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Croissance	13,3%	23,2%	13,9%	9,9%	7,2%	2,3%

Source Gartner, Inc. "Servers Europe Annual Market Share: Database" by Errol Rasit et al, March 13, 2009

Tableau 3

La répartition des ventes montre une très forte dominance des petits serveurs (1 à 2 CPU).

75,6% sous Microsoft Windows  
82,5% moins de 5k\$  
10,6% 5-10k\$  
25,7% 1 CPU max  
70,1% 2 CPU max  
3,6% 4 CPU  
0,5% 8 CPU  
0,1% 16 CPU

Source Gartner, Inc. "Servers Europe Annual Market Share: Database" by Errol Rasit et al, March 13, 2009

Une estimation plus détaillée (source IBM / IDC) fournit la répartition géographique des ventes selon une typologie par serveurs (Micro, machines Risc, serveurs de type mini (HP 3000, AS400, etc..).

Trois régions concentrent fortement les ventes de serveurs : Ile de France, Rhône-Alpes, Nord-Pas-de-Calais. (cf. Tableau 1, annexe 1)

Une estimation par département, sur la même typologie permet de faire ressortir quelques particularités comme les pôles technologiques de l'Isère et des Alpes Maritimes. (cf. Tableau 2, annexe 1)

Même si les informations sur les ventes ne reflètent pas directement le lieu d'installation des machines, et donc la distribution des Centres Informatiques en France, il est fort probable que la répartition des centres informatiques soit assez globalement à l'image de celle des ventes.

Une autre approche cherche à identifier la typologie des entreprises et la répartition des serveurs. (cf. Tableau 3, annexe 1)

- 3,5% des ventes sont effectuées sur des entreprises de 1 à 9 salariés
- 13 % des ventes sont effectuées sur des entreprises de 10 à 99 salariés
- 27 % des ventes sont effectuées sur des entreprises de 100 à 499 salariés
- 31 % des ventes sont effectuées sur des entreprises de 500 à 999 salariés
- 75% des ventes sont effectuées sur des entreprises à moins de 1000 salariés

## **1.4 Le marché des datacenters**

### ***Quelles sont les principales différences entre les marchés régionaux et le marché parisien ?***

Le marché des Centres informatiques s'est bâti à l'image de la société Française. Fortement centralisatrices, les entreprises se sont installées, concentrées dans la région Ile de France. Les centres de décisions ont choisi de construire leurs Centres Informatiques à proximité de leurs lieux d'opérations. L'offre d'infrastructure Telecom s'est donc principalement développée dans l'Ile de France. La culture française qui privilégie la proximité de l'informaticien avec ses machines, associé à l'absence d'outils pour administrer les machines à distances a renforcé ce phénomène.

Aujourd'hui plusieurs facteurs permettent d'inverser la tendance :

- les solutions technologiques d'administration et pilotage à distance sont matures et fiables
- les infrastructures Telecom se sont déployées sur le territoire, et les débits et performances très fortement améliorés
- le coût et la difficulté de trouver des terrains en région parisienne, et parfois la difficulté d'amener la puissance électrique nécessaire, poussent les entreprises à rechercher et construire des Centres Informatiques en province
- Certaines régions, villes ont compris ce phénomène et ont mis en place des incitations pour accueillir ces nouveaux centres informatiques. Elles s'associent avec des sociétés qui se spécialisent sur ce créneau. Quelques exemples :
  - Ile de France : SEINE ET MARNE DEVELOPPEMENT (Agence de développement économique).
  - Bourgogne : YONNE DEVELOPPEMENT (Agence de développement économique de l'Yonne).
  - Région Centre : CODEL (Comité de Développement Economique d'Eure-et-Loir).
  - Franche Comté : ARD FRANCHE COMTE (Agence Régionale de Développement).
  - Nord-Pas-de-Calais : OSARTIS (Communauté de communes, ville centre : Vitry-en-Artois).
  - Rhône-Alpes : ADERLY (Agence de Développement de la Région Lyonnaise).

Il faut néanmoins faire la différence entre le marché international, le marché parisien, le marché local et pour l'offre : l'offre parisienne et l'offre régionale.

Le marché international et le marché parisien préfèrent traiter avec l'offre parisienne (qui peut avoir des Centres Informatiques, en partie à Paris et, en partie en région, et ce n'est pas gênant).

Le marché local préfère traiter avec le marché local - sauf cas particulier - où l'offre régionale n'est pas suffisante (généralement en point d'accès et bande passante. Exemple : cas d'une entreprise grenobloise qui gère des jeux et qui est obligée d'avoir ses serveurs à Paris vu leur besoin de performance 200m/s, 4h par jour)

#### ***Quels sont les freins du marché régional ?***

Chaque marché régional étant plus petit, le **frein principal est d'avoir des infrastructures plus difficilement rentables** :

- l'offre de bande passante est beaucoup plus faible (nombre d'acteurs, valeur intrinsèque)
- les coûts de bande passante sont plus élevés
- Le « marché » parisien ne traite pas beaucoup avec un acteur régional : il ne peut pas visiter simplement le datacenter

#### ***Quelles sont les opportunités du marché régional ?***

Pour les activités d'hébergeur, ce sont principalement des opportunités de proximité, avoir un accès physique à ses serveurs :

- pour être rassuré,
- pour administrer en partie leurs serveurs

Pour les hébergeurs, on peut imaginer que le coût salarial plus bas et la motivation de certains experts plus forte car liée à un projet familial (vie en province, à la campagne)

Pour les créateurs de datacenter, le marché régional offre des coûts plus bas à partir du moment où l'offre énergie et télécom est suffisante

## 2. Le contexte institutionnel

### 2.1 Les procédures administratives pour créer un datacenter

- **Vis-à-vis de la prévention des risques**

Un dossier doit être constitué : **Dossier de Demande d'Autorisation d'Exploiter (DDAE)**

Ce dossier comprend les éléments suivants :

- Courriers administratifs requis,
- Synthèse du dossier, incluant le résumé non technique de l'étude d'impact et la synthèse de l'étude de dangers,
- Présentation du contexte administratif,
- Justification du choix du projet,
- Description de l'environnement et des installations,
- Etude d'impact,
- Etude des dangers,
- Notice relative à l'hygiène et à la sécurité des personnes,
- Dossier de plans,
- Annexes.

Référentiel : articles 2 et 3 du décret n° 77.1133 du 21 septembre 1977 modifié

La **DRIRE** est l'organisme qui régit le droit d'exploitation.

Indirectement des composants constituants du datacenter sont soumis à une réglementation plus ou moins forte :

- Stockage de réservoirs manufacturés de liquides inflammables (cuves à fuel, groupes électrogènes)
- Ateliers de charge d'accumulateurs (banc de charge onduleurs, appareils de levage et de manutention, véhicules électriques)
- Installation de réfrigération ou de compression (groupes frigorifiques)
- Installations de combustion consommant exclusivement seuls ou en mélange du gaz naturel, des gaz de pétrole liquéfié, du fioul domestique, du charbon, des fiouls lourds, de la biomasse (groupe électrogènes)

#### **Installation Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)**

Les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) sont des installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée, qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients soit pour :

- la commodité du voisinage
- la santé
- la sécurité
- la salubrité publique
- l'agriculture
- la protection de la nature et de l'environnement
- la conservation des sites et des monuments

Dans le but de minimiser les risques relatifs à ces installations, la Loi 76-663 du 19 juillet 1976 définit les procédures relatives aux installations classées pour la protection de l'environnement.

La gravité des dangers ou des inconvénients que peut présenter leur exploitation va dépendre du volume et du type d'activités pratiquées par ces installations.

Ainsi le décret du 20 mai 1953 modifié fixe la nomenclature des ICPE.

Cette nomenclature définit différentes rubriques selon la nature et la dangerosité des opérations effectuées ou des produits utilisés par ces installations.

Dans chaque rubrique, elle précise à partir de quel volume d'activité (ou de produit utilisé), le responsable de l'installation sera tenu de se soumettre à des obligations techniques et administratives particulières.

La nouvelle nomenclature issue du décret n° 2006-678 du 8 juin 2006 a un impact sur les centres de production informatique puisqu'elle vise à la rubrique n°2920 les installations de réfrigération. Ainsi les installations n'utilisant pas de fluides inflammables ou toxiques sont soumises à :

- déclaration en préfecture pour les puissances supérieures à 50 kW et inférieures ou égales à 500 kW
- autorisation préfectorale pour les puissances supérieures à 500 kW

Etant précisé que ces puissances s'entendent pour la consommation électrique des systèmes dédiés à la production du froid.

La déclaration ou la demande d'autorisation s'effectue auprès des services de la Préfecture. Le contenu du dossier est fixé par le Décret 77-1133 du 21 septembre 1977 modifié.

L'autorisation est délivrée par le préfet, après enquête publique, enquête administrative et avis du Conseil Départemental d'Hygiène.

Sachant que les prescriptions de l'arrêté portent sur l'ensemble du fonctionnement de l'établissement, et pas seulement sur l'installation classée, l'exploitation du centre de production ne pourra être entreprise avant l'obtention de cette autorisation.

Le dépôt de la déclaration est un élément structurant pour le dépôt du permis construire puisque le récépissé de déclaration ICPE doit être joint à ce dernier.

Cette activité a pour objectif d'assister le client à constituer et à déposer le dossier de demande d'autorisation au titre des installations classées pour la protection de l'environnement

Le bureau spécialisé de la DRIRE réalisera le dossier de déclaration ou de demande d'autorisation au titre des installations classées pour la protection de l'environnement. Il comprendra entre autres :

- l'identification de l'exploitant
- les capacités techniques et financières
- la présentation générale du site et des activités
- la nature et le volume des activités avec les nomenclatures visées
- l'étude d'impact sur l'environnement et la santé
- l'étude des dangers
- la notice d'hygiène et de sécurité
- cartographie obligatoire en annexe

Il est rappelé que la prestation du bureau spécialisé se limite à la constitution du dossier conformément au contenu fixé par le Décret 77-1133 du 21 septembre 1977.

Une procédure ICPE demande en général 8 à 9 mois, en particulier à cause de l'enquête publique qui est nécessaire. Ce délai peut apparaître long à des investisseurs internationaux.

Conscient de cette faiblesse, l'Etat vient de créer une nouvelle procédure allégée, dont l'instruction peut être effectuée en 3 mois.

***Le groupe recommande que les datacenters puissent relever de cette procédure simplifiée.***

- ***Vis-à-vis de la protection des données personnelles***

Il s'agit du dossier et des déclarations à déposer auprès de la CNIL, laquelle est en charge de l'instruction du dossier, et doit formuler un avis sur celui-ci. La CNIL a par ailleurs des pouvoirs de contrôle.

La législation française en matière de protection des données personnelles est l'une des plus abouties en Europe. Tous les pays européens doivent certes respecter la même directive européenne (1995), mais une certaine latitude existe lors de la transposition dans les droits nationaux. Conformément à sa tradition et sa réputation de pays des droits de l'homme, et parce qu'elle a été pionnière dans le domaine de la protection des DP, la France a effectué une transposition particulièrement complète.

Loin d'être un handicap, cette transposition, particulièrement bien faite, est au contraire un avantage pour les candidats à l'implantation de datacenter en Europe. En effet, ils sont ainsi assurés que, si leurs traitements ont reçu un avis favorable de la CNIL, alors les dispositions des autres pays seront vraisemblablement également respectées.

D'autre part, la CNIL dispose d'une structure interne chargée d'épauler les demandeurs dont les besoins sont particulièrement importants. Cette facilité aide considérablement les organismes internationaux pour le dépôt de leur dossier, et maximise les chances de bon aboutissement de celui-ci.

Dans la compétition que se livrent les pays entre eux pour attirer les datacenters, les britanniques colportent l'image d'une France dont les dispositions relatives à la protection des DP seraient quasi impossibles à respecter.

L'ensemble de ces considérations conduit le groupe à préconiser les trois mesures suivantes :

### RECOMMANDATION N°7 :

*Il est nécessaire de positiver les démarches nécessaires concernant le dépôt des déclarations et demandes d'autorisations relatives aux DP. Ceci pourrait être fait via une plaquette en anglais qui présenterait de façon attractive et simple les formalités ci-dessus, et en ferait ressortir les avantages. Notamment le rôle de conseil de la CNIL serait mis en valeur.*

*A l'instar de la déclaration simplifiée mise en œuvre pour les ICPE, une **déclaration simplifiée pour les datacenters** pourrait être mise en œuvre. Elle viserait le raccourcissement des délais liés à l'obtention des autorisations.*

*Afin de progresser sur ces deux aspects, le groupe recommande qu'un petit groupe de travail commun soit créé, sous pilotage de l'AFII, et rassemblant des représentants des industriels, de la CNIL et de l'Etat-Ministère de l'Industrie, à l'image de l'initiative « France for Datacenter »*

## 2.2 Quelles sont les collectivités publiques les plus autorisées à traiter des datacenters ?

Il semble que ce sont plutôt les départements (agences de promotion) et les régions (politique économique). Naturellement les grandes villes, au sein des communautés urbaines (Lyon, Bordeaux, etc., ...) et des grandes communautés d'agglomérations (Grenoble, ...) ont leur mot à dire.

## 2.3 Le cadrage de l'Etat face aux économies d'énergie

L'état positionne ses institutions avec un devoir d'exemplarité, face aux enjeux du développement durable.

La note de cadrage du premier ministre François Fillon, en date du 3 décembre 2008, sur « *l'exemplarité de l'Etat au regard du développement durable dans le fonctionnement de ses services et de ses établissements publics* » fixe les premiers objectifs, auxquels les Centres Informatiques peuvent contribuer.

Le **Plan Administration Exemple** qui doit être élaboré en 2009 couvre 20 domaines, dont un sur l'Energie et l'Eau, et un sur le Bilan des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre. A ce titre rappelons les objectifs :

- Réduire la consommation d'eau et des énergies fossiles émettrices de gaz à effet de serre

Objectif cible pour 2010 : réduire, dans les bâtiments publics, les émissions de gaz carbonique (CO<sup>2</sup>) de 20%, la consommation d'énergie de 10%, les consommations d'eau de 20%.

- Réduire les émissions de gaz à effet de serre engendrées par les bâtiments publics, les activités et tous les biens consommés par les services de l'Etat et ses établissements administratifs.

Objectifs cibles :

- a) établissement d'un bilan des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre des administrations centrales d'ici à la fin de l'année 2008 ;
- b) établissement d'un bilan des consommations énergétiques et des gaz à effet de serre des sites les plus significatifs occupés par les services déconcentrés et les établissements publics administratifs d'ici la fin de l'année 2009 ;
- c) établissement d'audits énergétiques de tous les bâtiments de l'Etat d'ici fin 2010 ;
- d) établissement et mise en œuvre des plans d'actions.

### 3. Positionnement dans le contexte européen

Est-ce que l'UE a une position sur ce sujet des Centres Informatique et de l'administration du territoire? Y a-t-il des politiques européennes fléchées ?

L'UE a un rôle prédominant dans la partie Normes et la partie Energie. Pour la partie télécoms, il ne semble pas que l'UE ait une grande politique d'investissements de fibre optique. Il serait intéressant de préciser, dans les politiques actuelles, celles qui peuvent concerner les Centres Informatiques, et, si rien ne concerne directement les Centres Informatiques, faire entrer ce domaine dans le champ d'application du FEDER.

Le FEDER (<http://europa.eu/scadplus/leg/fr/lvb/l60015.htm>), Fonds Européen de Développement Régional est un des organismes qui promeut le développement des technologies qui touchent indirectement les Centres Informatiques.

Pour assurer sa mission en faveur du développement régional, le FEDER participe au financement des mesures suivantes:

- Investissements productifs permettant la création ou le maintien d'emplois durables;
- Investissements en infrastructures, contribuant au développement, à l'ajustement structurel, à la création et au maintien d'emplois, et, dans toutes les régions éligibles, à la diversification, la revitalisation, le désenclavement et la rénovation des sites économiques et d'espaces industriels en déclin, des zones urbaines dégradées, ainsi que des zones rurales et celles dépendantes de la pêche. Ces investissements peuvent aussi viser le développement des réseaux transeuropéens dans les domaines du transport, des télécommunications et de l'énergie.
- Développement du potentiel endogène par des mesures de soutien aux initiatives de développement local et d'emploi et aux activités des petites et moyennes entreprises : ces aides visent les services aux entreprises, le transfert de technologies, le développement d'instruments de financement, les aides directes aux investissements, la réalisation d'infrastructures de proximité, et l'aide aux structures de services de proximité;
- Investissements dans les domaines de l'éducation et de la santé.

D'une manière générale, il semble que les Centres Informatiques n'entrent pas dans le cadre des différentes aides, subventions qui pourraient leur être allouées. En retour il semble aussi que les directions d'entreprises méconnaissent les possibilités de soutien, aides financières existant dans le cadre de la création et l'exploitation de Centres Informatiques. Un effort

semble donc nécessaire dans les deux sens pour faire prendre en compte le sujet des Centres Informatiques, mais aussi sur la communication aux entreprises.

Une initiative récente a abouti au dernier trimestre 2008 à la production d'un document pour la maîtrise de l'énergie dans les Centres Informatiques : le **CoC** (« Code of Conduct »)

([http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby\\_initiative\\_data%20centers.htm](http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/html/standby_initiative_data%20centers.htm))

Il couvre la partie Informatique et la partie Infrastructure des sites. Ce code propose des principes généraux et des actions pratiques à mettre en œuvre par toutes les parties prenantes du monde des Centres Informatiques pour une utilisation plus efficace de l'énergie. Il propose aussi un ensemble de bonnes pratiques pour différents intervenants dans ce domaines (ex : Agences gouvernementales, constructeurs, sociétés de services et d'ingénierie, etc....), des métriques, des obligations pour ceux qui adhèrent au CoC.

## **4. Un datacenter est-il créateur de valeur ?**

### **4.1 Dimension stratégique de l'aménagement du territoire**

Les datacenters représentent les **centres de contrôle des grandes organisations** et corporations internationales et nationales. Ne pas favoriser leurs développements sur le territoire Français, au contraire de la politique incitative d'autres pays, fera qu'un certains nombres de verrous de l'économie mondiale et surtout de la future économie ne seront pas en France, plus grave encore la conséquence pourrait être que les verrous de l'économie Française risquent de ne pas se trouver sur le territoire français, mais à l'étranger.

La maîtrise de l'information passe de plus en plus par l'accès aux données numériques stockées dans les centres informatiques. Face à l'émergence des solutions de type Cloud Computing, où les entreprises achètent un service et ne savent pas où sont stockées les informations, il est souhaitable que la France soit un acteur de ce secteur, afin de maîtriser au mieux son énergie numérique.

En cas de conflit économique, diplomatique ou pire, il est clair que les pays qui auront su héberger les verrous mondiaux de l'économie ou de l'information seront dans une position différente. Il suffirait alors de couper une fibre optique pour priver la France de son économie.

La France a su se doter d'un parc de centrales nucléaires pour être indépendante du point de vue énergétique, qui lui donne un atout certain dans un avenir où l'énergie devient rare, chère, et consommatrice de CO2, elle devrait se préoccuper de se créer un **parc de centrales d'énergie de l'information** que sont les Centres Informatiques.

### **4.2 Dimension économique de l'aménagement du territoire**

D'un point de vue du développement économique, du pays, la forte présence de Centres Informatiques internes aux organisations ou en colocation, implique potentiellement le déplacement des centres de décisions, (« headquarters » régionaux) dans la proximité.

Ce développement de capacité de Centres Informatiques dans le pays, répondant au besoin stratégique et au besoin d'améliorer l'attractivité de la France pour les entreprises étrangères, permettra également d'offrir un confort d'infrastructure aux entrepreneurs français de la nouvelle économie ; un peu comme le développement des voies de circulations, ou des installations portuaires ont contribué au développement de la France au 19<sup>ème</sup> siècle.

Avoir une politique incitative au développement des Centres Informatiques en France ne demande pas forcément beaucoup d'investissements mais un **alignement d'un certains nombres de régulations perçues comme gênantes**, voire bloquantes, ou en tout cas handicapant ce développement.

Utiliser le savoir-faire de la CNIL et la préparer au contexte du Cloud Computing, transformerait une perception négative, un frein à l'installation de nouveaux centres, en une force de régulation pour les entreprises.

Quelques freins administratifs mais tellement **d'atouts structurels** pour la France:

La France dispose d'un nombre significatif d'atouts supérieurs aux autres pays Européens pour accueillir des Centres Informatiques dans des conditions de réalisations et d'opérations plus compétitives.

Les Centres Informatiques ont pour particularités :

- Un besoin essentiel de haute disponibilité.
- Une consommation en énergie sur dix ans égale au coût de la réalisation du datacenter, donc une économie fortement dépendante en énergie.
- Un besoin important en bande passante de Télécommunication

Les Atouts de la France sur ce marché

- **Energie:**

- La France est une nation indépendante en terme de production d'Electricité, lié aux choix nucléaire. Comme toute nation, la production ne pouvant être stockée, la demande (abonnés) est lissée au niveau européen.
- Les prix de l'énergie électrique sont faibles et stables comparativement aux autres Pays Européen.
- Le réseau de distribution électrique est reconnu comme l'un des plus fiables du Monde.
- Une production d'énergie électrique 80% Nucléaire, par conséquent peu émettrice de CO2 (même si la distribution d'énergie peut provenir de pays voisins en phase de régulation, lors de pics de demandes).

- **Télécommunication:**

- Le réseau de Télécommunication dérégulé est fiable et d'excellente capacité
- La France est au croisement des réseaux de Télécommunication européens

- **Immobilier:**

- Le prix du M2 est peu élevé.

### 4.3 A qui profite l'installation d'un datacenter en France ?

- **Pendant la phase de réalisation:**
  - A la France qui renforce ainsi ses infrastructures pour améliorer son attractivité auprès des investisseurs étrangers et améliore la compétitivité de ses entreprises.
  - A la construction BTP qui doit construire le bâtiment
  - Aux bureaux d'études
  - Aux contractants généraux, qui assurent l'installation des équipements fonctionnels du bâtiment.
  - Aux fabricants d'équipements électriques de haute et moyenne tension
  - Aux fabricants d'onduleurs
  - Aux fabricants de climatisation
  - Aux fabricants de racks
  - Aux fabricants de câblages
  - Aux fabricants de réseaux télécoms
  - Aux fabricants de serveurs
  
- **En exploitation:**
  - Aux secteurs de forte compétitivité (BTP, Services,...)
  - Aux fournisseurs d'énergies
  - Aux opérateurs de Télécommunications
  - Aux sociétés de maintenance

## 5. Recommandations

### RECOMMANDATION N°8 :

**Favoriser la création de datacenters mutualisés (« Datacenter as a service ») par le biais des collectivités locales et inciter les PME locales à intégrer ces centres.**

*Créer, sous l'impulsion des collectivités publiques (conseils régionaux, conseils généraux, agglomérations, mairies,...), des plates formes mutualisées autour de Centres Informatiques régionaux (exemple de l'étude d'opportunité faite par la région Corse). Ces datacenters à l'état de l'art énergétique pourraient être proposés aux PME locales, de façon à réduire leur empreinte carbone. Ces initiatives pourraient s'inscrire dans une politique coordonnée d'aménagement du territoire*

Au lieu de rénover des datacenters souvent obsolètes et peu appropriés aux nouvelles contraintes des datacenters, cette approche permettrait à l'Etat de passer dans un modèle d'achats de services de types « Datacenter as a service ». Cette approche est cohérente avec les engagements de l'Etat sur la modernisation et aussi sa volonté affichée d'atteindre ses objectifs de réduction de l'empreinte carbone.

Son engagement auprès des organismes, ou entreprises gérant les centres informatiques, pourrait être encadré par des contrats de type « performance énergétique des datacenters » qui vérifient les engagements de qualité/performance énergétique du fournisseur : l'ensemble appliquant les codes de conduites et normalisations bâties au niveau international.

En respectant l'état de l'art énergétique, et en fournissant de la valeur ajoutée (par exemple : réplication des données à distance, services d'archivage numérique,...) à leurs usagers publics ou leurs clients privés, ces datacenters apportent également une réponse attractive aux PME qui pourraient par ce biais réduire leur empreinte carbone

La mise en place de ce marché devrait se faire avec une ou deux régions pilotes qui permettraient d'expérimenter le modèle (financier, de gouvernance, etc.)

Ces infrastructures doivent être conçues de façon modulaire, pour pouvoir accueillir progressivement leurs clients publics ou privés. Leur localisation dépendra des capacités d'approvisionnement énergétique, de connectivité réseau (à la fois pour relier ce datacenter à un « backbone », et pour permettre la connexion à haut-débit de ses clients publics et privés).

De plus, si les clients profitent de l'opération de transfert de leur ancien datacenter vers un tel datacenter mutualisé pour effectuer une modernisation partielle de leur infrastructure (remplacement d'anciens serveurs ou d'unités de stockage par de nouveaux composants plus économes en énergie), l'état pourrait contribuer à ce renouvellement par une incitation du style « prime à la casse ». Cette opération devrait être déployée en collaboration avec les professionnels du recyclage pour s'assurer de la destruction réelle des matériels avant de procéder au versement de la contribution financière à leur remplacement.

Le succès de cette recommandation « datacenter as a service » peut être mesuré par :

- Le nombre de datacenters régionaux construits, avec le nombre de mètres carrés loués annuellement et leur évolution
- Le nombre de collectivités locales ayant décidé d'y installer leurs infrastructures informatiques, avec la typologie des infrastructures hébergées
- Le nombre de PME ayant décidé d'y installer leurs infrastructures informatiques, avec la typologie des infrastructures hébergées
- La mesure annuelle du PUE de ces datacenters et leur évolution année après année

### RECOMMANDATION N°9 :

**Renforcer la neutralité du territoire** (liaison région parisienne – province)

*Les pôles technologiques existent en province, et certaines entreprises possèdent des centres informatiques réparties entre la région parisienne et un ou plusieurs sites en province.*

*Développer et soutenir des expérimentations de Centres Informatiques en région, notamment en terme de connectivité (fibres optiques à haut débit, protocoles de communications innovants pour interconnecter des Centres Informatiques avec les gros Centres Informatiques parisiens et européens). Développer cette politique avec l'Europe permettrait d'étendre notre réseau d'infrastructure Telecom et ainsi mieux positionner la France dans une perspective de pays phare sur le marché du numérique.*

### RECOMMANDATION N°10 :

**Développer l'attractivité de la France pour les Centres Informatiques, en en faisant la promotion auprès des investisseurs internationaux**, en adaptant et en simplifiant les procédures administratives perçues comme « contraignantes » (notamment domaine de la protection des données et des installations classées) pour les rendre garantes d'un bon fonctionnement.

*Continuer la densification du réseau Telecom sur le territoire national et assurer des prix compétitifs  
Rassurer la communauté internationale des investisseurs de Centres Informatiques*

### RECOMMANDATION N°11 : Propositions d'indicateurs

Indicateur N° 1 : Surface en m2 de nouveaux datacenters

Indicateur N°2 : Nombre de nouveaux datacenters à vocation régionale

Indicateur N°3 : Nombre de collectivités ayant intégré ces datacenters

Indicateur N°4 : Nombre de PME /PMI ayant intégré ces datacenters

## *Datacenter 2020 – Innovation*

### **1. Eléments de contexte et de stratégie sur les datacenters**

Les datacenters, ces salles informatiques où sont hébergées les infrastructures informatiques de l'économie numérique, tant des entreprises publiques et privées que des institutions et administrations de l'Etat, sont en passe de devenir un terrain de tous les enjeux.

Un enjeu stratégique et de compétitivité internationale de l'économie numérique, car c'est au sein de ces centres que sont créés et développés les services de l'économie numérique que les utilisateurs consomment au quotidien de par le monde au travers de l'internet.

Un enjeu stratégique de développement des entreprises, car dans ces centres sont concentrés les applications du système d'information en support des processus métier et d'innovation des entreprises.

Un enjeu technologique porté par le processus de mutation de ces datacenters vers le concept **d'usines du numérique**. Ces usines ont le défi de délivrer des services dans le respect des exigences de sécurité et de qualité de service. Elles doivent opérer à des échelles sans précédents et à des coûts de possession viables et durables.

Les datacenters sont, pour l'économie numérique, ce que les centrales nucléaires sont pour l'énergie. C'est une **arme stratégique de compétitivité nationale**. Elle est de nature à amener à l'ensemble de l'économie de la France, notamment les PME/PMI, les petites équipes de recherche et l'ensemble des gens qui ont de l'imagination, des outils de l'accélération de l'innovation à même de nous sortir de la crise par la compétitivité.

### **2. Les lignes de force qui dessinent le futur des datacenters**

**La fin d'un cycle** : poussée par l'effet du développement des réseaux d'entreprise dans les années 90 et les premières formes de l'internet, l'informatique s'est décentralisée à grande échelle, aidée par le développement de PC et de serveurs de puissance petite et moyenne et, à très forte concurrence par les prix. Sous cette forme, l'informatique s'est développée dans de petites salles en utilisant des serveurs individuels, amenant très vite le système d'information dans une équation économique en déséquilibre, ou en rupture.

- la DSI consacre une grande part de son budget à l'exploitation et à la maintenance des infrastructures et des applications.
- La consommation énergétique s'est envolée à un niveau où le coût de l'énergie durant le cycle d'exploitation d'un serveur dépasse le coût d'acquisition du serveur lui-même.
- Désormais, pour 1 KWh consommé par un serveur, il faut dépenser 1 autre KWh, au moins, pour dissiper la chaleur. Et les technologies de refroidissement classiques sont poussées aux limites de leurs capacités.

Ce modèle de croissance des Systèmes d'Information s'est révélé depuis les années 2006 non durable, et ne tire pas tous les bénéfices des performances des puissances de calcul lesquelles ont connu une évolution 3 fois plus rapide que la célèbre loi de Moore.

Ces dernières années nous assistons à l'émergence d'un nouveau cycle, synonyme pour la France d'une opportunité pour revenir dans le cercle restreint des puissances industrielles du système d'information, mais également d'une menace sur la souveraineté de son économie numérique.

L'internet à haut débit, à nouveau, est devenu un catalyseur de mutation vers une concentration des ressources informatiques dans des méga-centres pour favoriser les innovations dans les nouveaux services de l'internet, le développement de nouveaux modes d'usage, notamment l'émergence du concept de « Cloud Computing ». Cette nouvelle concentration est considérée également comme un levier permettant le développement de nouvelles applications de plus en plus exigeantes en puissance de traitement, la maîtrise des coûts d'exploitation, l'optimisation de la consommation de l'énergie et la sécurisation des services aux utilisateurs.

Cette tendance n'ira qu'en s'accroissant. Les usages de l'internet vont se trouver profondément modifiés dans les années qui viennent. Bien que l'internet représente d'ores et déjà une révolution majeure pour l'économie et les sociétés, le futur proche verra l'avènement de **l'internet des objets**. Cette nouvelle mutation sera une révolution d'une magnitude peut-être supérieure à la précédente.

Par cette révolution, nous verrons se généraliser l'usage de l'Internet comme réseau de communication pour des milliards d'équipements qui permettront de créer de nouveaux services pour les entreprises et les particuliers. Les mondes virtuels et physiques vont se mettre en relation au travers de capteurs, d'équipements embarqués, qui utiliseront l'internet pour transmettre des informations sur l'état et la configuration de systèmes physiques, et qui en retour recevront des commandes.

D'immenses champs d'application vont s'ouvrir grâce à l'internet des objets, que ce soit dans les services aux particuliers, dans les transports et la logistique, dans la distribution, dans les applications domotiques, dans les services de distribution d'électricité, par exemple.

On peut estimer que d'aujourd'hui à 2015, nous passerons de **2 milliards d'objets connectés à l'Internet à 15 milliards** (source : Intel Corp.). Si les objets connectés sont aujourd'hui essentiellement des PC et des objets nomades tels que les téléphones portables, leur part diminuera au profit des senseurs, des capteurs et des puces RFID qui seront la fondation de l'internet des objets.

***Bien entendu, la capacité des réseaux et des systèmes d'information à mettre en œuvre l'internet des objets sera capitale. Pour les datacenters, on peut dès maintenant prévoir que leur rôle sera prépondérant, et qu'ils doivent se préparer dès maintenant à héberger, à terme, des ressources bien plus nombreuses et performantes.***

Pour accompagner cette mutation, plusieurs champs d'innovations sont en formation :

- Densifier à des échelles sans précédent la puissance de calcul au travers des technologies du multi-cœur et multi-socket. En effet, concentrer plus de puissance dans un serveur et **mutualiser son utilisation à l'aide des technologies de virtualisation** est considéré comme le meilleur facteur de l'efficacité énergétique.

- Anticiper, dès la conception, les principes de production de froid, de distribution de l'air froid et de traitement de l'air chaud pour les problématiques de haute densité, et de l'efficacité énergétique du refroidissement qui peut représenter jusqu'à 50% de la consommation énergétique d'un Datacenter.
- **Gérer le cycle de vie complet du datacenter**, de la conception jusqu'au « recyclage ». L'innovation de l'efficacité énergétique des équipements du datacenter sera d'autant plus bénéfique que ces innovations seront simulées, validées sur une maquette virtuelle et en même temps mesurées en contexte dès l'installation. Les phases d'opération et de maintenance devront être supportées sur la même outil de gestion de projet. L'industrialisation de ces processus est rendue possible aujourd'hui par des outils et des plateformes de collaboration ayant fait leurs preuves dans les industries manufacturières (Automobile, Aéronautique, High Tech).
- Développer une **nouvelle intelligence énergétique** à l'échelle du serveur et également à l'échelle globale du datacenter. Il s'agit ici de doter le serveur d'outils permettant de le faire fonctionner dans des modes opératoires dépendant des politiques énergétiques, et d'étendre ce fonctionnement à la globalité du Data Centre pour orchestrer son exploitation par des règles d'optimisation énergétiques. Cette nouvelle exploitation du centre informatique devra s'appliquer à toutes ses composantes, que ce soit les équipements informatiques, les systèmes d'alimentation électrique ou les systèmes de climatisation.
- Rendre aux technologies de génie logiciel toute leur importance et les renforcer pour **prendre en considération la capacité des ressources**, les contraintes énergétiques et les nouvelles échelles de puissance du massivement multi-cœur. Jusque-là, le génie logiciel a permis d'industrialiser les processus de développement et la qualité du logiciel. Mais, à l'exception des environnements sous contraintes de ressources, tels que les mobiles et les composants embarqués, le développement de logiciel d'entreprise considère les serveurs comme des ressources sans limites. Or, celles-ci sont limitées et doivent être réintégrées comme contrainte de développement des logiciels optimisés.
- Identifier de **nouvelles filières de formation** pour former des techniciens et des ingénieurs en charge d'une part, de la planification et de la construction de datacenters, et, d'autre part, de leur exploitation et de leur maintenance. Ces domaines d'expertise existent indépendamment les uns des autres aujourd'hui : génie civil, génie climatique, génie électrique, architectures informatiques, exploitation informatique, conception de réseaux, sans oublier les compétences liées au développement durable. Il s'agit de les relier dans des cycles de formation homogènes, qui permettront de trouver les techniciens et ingénieurs qui construiront et exploiteront les datacenters de demain.

Ces filières pourront aussi être considérées comme filières de reclassement pour des techniciens et ingénieurs qui seraient spécialisés dans une seule des disciplines nécessaires, voire dans des disciplines connexes.

Au terme de cette action, notre pays disposera de **compétences d'urbanistes de datacenters**, ce qui sera un autre élément d'attractivité permettant d'attirer sur le sol français les investisseurs majeurs de l'économie numérique. Ces compétences permettront notamment de maximiser les niveaux de service souhaités par les donneurs d'ordre.

Nous recommandons également que certains **outils industriels soient utilisés dans les programmes de formation**, afin de rendre ces derniers plus opérationnels.

- Pousser l'efficacité énergétique à des ratios plus optimisés. Il s'agit d'optimiser le nombre de watt consommés pour alimenter et refroidir un serveur par rapport à sa propre consommation.
- Développer des technologies alternatives de refroidissement, notamment à base d'eau, jusqu'au cœur du serveur.
- Concevoir des architectures de bâtiments et des aménagements des espaces intégrant des ressources durables. Le recours à des technologies de refroidissement aux ressources naturelles, air et eau, dites « **free cooling** » et d'énergies alternatives sont de nature à réduire plus significativement l'empreinte carbone des datacenters.
- Répondre aux exigences de modularité, de flexibilité et d'automatisme de gestion. Les datacenters sont des infrastructures coûteuses et requièrent des immobilisations en capital très élevées par rapport aux capacités financières des entreprises. Pour cette raison les approches modulaires (containers,...), flexibles et automatisées, à même d'évoluer au gré du développement futur des entreprises sont des innovations essentielles.

### **3. Le Cloud Computing : vers un nouvel usage de l'informatique**

Internet, via les services du web, a révolutionné tous les secteurs de notre société, dans la manière de communiquer, de nous informer, de nous divertir, de consommer et même d'interagir socialement. Tous ces services web grand public sont fournis par des sociétés de services, parmi elles les majors de l'internet (Google, Amazon, SalesForce, Facebook, etc..) , possédant en propre des infrastructures informatiques organisées en datacenters. Ces services sont en majorité portés par des modèles économiques spécifiques (publicité, etc.).

Les entreprises de l'industrie, de la finance, du commerce et les administrations ont, de leur côté, également investi dans des infrastructures informatiques en propre pour faire fonctionner leurs processus métiers et supporter leurs services client.

L'idée qui sous-tend le « Cloud Computing » est le concept qui consiste à voir des majors de l'internet, existants ou en formation, délivrer via le web et dans le mode de « paiement à l'usage » les services d'infrastructures informatiques (logiciel, stockage, puissance de traitement, fonction métier,...) aux entreprises, en remplacement partiel ou total de leurs propres services informatiques internes. Ce concept nourrit la prédiction que les services de Google, Salesforce, Amazon (Webservices, SaaS, ...) vont remplacer un jour l'informatique de l'entreprise, au moins en partie.

Cette prédiction est fondée sur l'idée que la possession de serveurs, plus généralement une infrastructure de datacenter, nécessite obligatoirement une forme d'intendance coûteuse qui ne fait pas forcément partie du métier des Entreprises.

La généralisation des réseaux à haut débit aidant, l'informatique pourrait être considérée comme un service qui pourrait être délivré dans le futur aux entreprises au travers de ces réseaux, à l'instar de

l'énergie délivrées aux usagés par le réseau électrique (idée fondamentale de Nicholas Carr dans son livre « The Big Switch »).

Les « majors » essentiellement Américains de l'industrie informatique sont en phase d'exploration active pour concevoir des solutions et packager des services dans ce sens, Salesforce étant un des précurseurs les plus en vue.

Un premier cycle de maturité commence à émerger au travers notamment des services de l'informatique info-gérée. Aujourd'hui beaucoup d'entreprises et des administrations externalisent leurs infrastructures chez des tiers sous diverses formes contractuelles, allant de l'hébergement simple à des services intégrées. L'évolution de ce mode de fourniture traditionnel à celui du paiement à l'usage d'un service informatique fourni par un tiers, et abstraction faite des technologies de mutualisation, semble être conditionnée par :

- le développement de modèles de service à des prix bien inférieurs aux coûts de possession et d'opération de sa propre infrastructure et gagnant-gagnant pour les entreprises fournisseurs et les entreprises utilisatrices,
- la garantie des impératifs de sécurité et de métier des entreprises utilisatrices.

C'est dans cette perspective que les « majors » de l'internet et du logiciel, à domination américaine, s'activent pour structurer des portefeuilles de services et assoir une nouvelle ère de domination sur un des volets de développement de l'internet du futur.

Il va de soi que les investissements relatifs à la constitution de ces portefeuilles de services devront s'orienter au mieux vers la France. Nous devons nous assurer que les investissements consentis par des sociétés nationales ou européennes pourront tirer pleinement bénéfice d'une implantation locale. **Nous devons également tout faire pour attirer les investissements étrangers, notamment Américains, sur notre territoire.**

A ce titre, nous devrions transformer le contexte réglementaire français, pour être vu par certains opérateurs non pas comme un frein mais bien comme un avantage. En effet, pour de très grandes sociétés soumises à des impératifs de transparence et d'éthique (dans le cadre de programmes de type « Corporate Social Responsibility »), les règles édictées par la CNIL (traçabilité des accès, non croisement de fichiers, accès des clients à leurs données, droit de rectification, notamment) pourraient être considérées comme une garantie objective sur la qualité et l'éthique des traitements hébergés sur le sol national. Notons, comme déjà souligné en introduction, que le fait de stocker des données d'entreprise (parfois stratégiques, au moins sensibles) va constituer un véritable frein à l'adoption des technologies Cloud dans les entreprises. Proposer, dès aujourd'hui, des datacenters en France à ces grands acteurs est un levier important dans lequel la France a de très bon atouts, dès lors que son offre reste compétitive.

#### 4. **Recommandations**

##### **RECOMMANDATION N°12 :**

**Mettre en place un observatoire de recherche stratégique sur les impacts du "Cloud Computing" :**

*Sur les intérêts de l'économie numérique de la France,*

*Sur les aspects sécurité et responsabilité entre fournisseur de services et les utilisateurs,*

*Sur la gouvernance de la technologie et des services: pour développer la confiance et les garanties inhérentes aux nouveaux modes d'usage (ex; cloud public, cloud privé intra Enterprise).*

**RECOMMANDATION N°13 :**

*Lancer des travaux de recherche sur les innovations autour du "Cloud Computing" pour favoriser leur développement en France. Nous suggérons que ces activités soient prises en charge par les Pôles de Compétitivité, fédérant l'action des industriels, des centres de recherche académiques et de l'INRIA. Certains projets de cette nature ont déjà été lancés, et cette action devra se renforcer au service d'une stratégie globale*

**RECOMMANDATION N°14 :**

*Soutenir l'industrie Française dans le développement des logiciels massivement multi-cœurs et adaptés à la nouvelle dynamique de puissance des nouvelles technologies.*

**RECOMMANDATION N°15 :**

*Renforcer l'enseignement des technologies de génie logiciel pour les adapter aux nouvelles technologies d'infrastructure à contrainte de ressources et à intelligence énergétique. La compétence des enseignants-chercheurs pourra être renforcée par le biais de projets financés par l'ANR.*

*On peut aussi envisager à plus court terme des appels à projet du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche pour financer des formations de spécialités.*

*Le dispositif CIFRE pourra également être mobilisé.*

**RECOMMANDATION N°16 :**

*Mettre en place des filières techniques d'Urbanisation de datacenters. Ces filières sont à l'intersection de certaines disciplines fondamentales et pourront, le cas échéant, être aussi considérées comme des filières de reclassement dans un plan national de soutien à l'emploi. Ces filières seront vitales pour confirmer l'intérêt de la France comme un pays prioritaire pour l'établissement des grandes usines numériques de demain.*

**RECOMMANDATION N°17 :**

*Soutenir les innovations autour des datacenters, notamment dans les domaines des solutions d'automatismes intégrés.*

*En effet, il existe déjà des initiatives et des programmes autour (1) des bâtiments intelligents, (2) des réseaux d'énergie intelligents (smart grids), et (3) des automatismes de gestion de l'énergie et la virtualisation de la puissance informatique.*

*Il s'agit ici d'encourager des programmes de recherche transversaux à ces différents domaines, dans le cadre de programmes ANR, par exemple, pour aider à réconcilier l'informatique avec son environnement.*

**RECOMMANDATION N°18 :**

*Encourager la prise en compte des aspects recyclage des bâtiments et des infrastructures au terme de leurs vies.».*

**RECOMMANDATION N°19 :**

*Les nouvelles évolutions apportées par l'Internet des Objets et le Cloud Computing seront des révolutions majeures qui pourraient impliquer une révision de la réglementation française en matière de protection des données. Dans la mesure où la réglementation française est une des plus riches et de celles qui donnent les meilleures garanties de transparence et d'éthique aux opérateurs, et pour qu'elle puisse continuer à jouer ce rôle, il importe que ses dispositions puissent résister aux changements importants qui sont à venir. Nous recommandons qu'un programme pluri-disciplinaire ANR soit mis en place afin d'analyser les lignes de force des changements, pour ensuite déterminer les incidences sur la réglementation, et, le cas échéant, faire des propositions d'évolution.*

**RECOMMANDATION N°20 :**

*Mise en place d'un suivi formel des plans d'action, tous les 6 mois, entre toutes les parties prenantes qui ont concouru à l'élaboration des présentes recommandations.*

# ANNEXE 1

## DONNEES DE MARCHE

	Département	Région	Micro	Rang	Risc	Rang	Mini	Rang
		Outre mer	0,01%	23	0,00%	23	0,00%	23
01	Ain	Rhône-Alpes	10,29%	2	8,63%	2	11,18%	2
07	Ardèche	Rhône-Alpes						
38	Isère	Rhône-Alpes						
26	Drôme	Rhône-Alpes						
42	Loire	Rhône-Alpes						
73	Savoie	Rhône-Alpes						
74	Haute-Savoie	Rhône-Alpes						
69	Rhône	Rhône-Alpes						
03	Allier	Auvergne	1,42%	19	0,72%	21	1,16%	20
15	Cantal	Auvergne						
43	Haute-Loire	Auvergne						
63	Puy-de-Dôme	Auvergne						
04	Alpes-de-Haute-Provence	Provence-Alpes-Côte d'Azur	4,63%	5	6,86%	3	6,40%	4
05	Hautes-Alpes	Provence-Alpes-Côte d'Azur						
06	Alpes-Maritimes	Provence-Alpes-Côte d'Azur						
13	Bouches-du-Rhône	Provence-Alpes-Côte d'Azur						
83	Var	Provence-Alpes-Côte d'Azur						
84	Vaucluse	Provence-Alpes-Côte d'Azur						
09	Ariège	Midi-Pyrénées	4,16%	6	4,70%	4	3,14%	11
12	Aveyron	Midi-Pyrénées						
31	Haute-Garonne	Midi-Pyrénées						
32	Gers	Midi-Pyrénées						
46	Lot	Midi-Pyrénées						
65	Hautes-Pyrénées	Midi-Pyrénées						
81	Tarn	Midi-Pyrénées						
82	Tarn-et-Garonne	Midi-Pyrénées						
11	Aude	Languedoc-Roussillon	1,55%	17	1,49%	16	2,36%	15
30	Gard	Languedoc-Roussillon						
34	Hérault	Languedoc-Roussillon						
48	Lozère	Languedoc-Roussillon						
66	Pyrénées-Orientales	Languedoc-Roussillon						
16	Charente	Poitou-Charentes	2,69%	12	3,62%	7	1,74%	19
17	Charente-Maritime	Poitou-Charentes						
79	Deux-Sèvres	Poitou-Charentes						
86	Vienne	Poitou-Charentes						
19	Corrèze	Limousin	0,73%	21	0,79%	20	0,83%	21
23	Creuse	Limousin						
87	Haute-Vienne	Limousin						
20	Corse	Corse	0,20%	22	0,10%	22	0,23%	22
22	Côtes-d'Armor	Bretagne	3,58%	7	3,95%	6	4,34%	6
29	Finistère	Bretagne						
35	Ille-et-Vilaine	Bretagne						
56	Morbihan	Bretagne						
24	Dordogne	Aquitaine						
33	Gironde	Aquitaine	3,17%	9	2,48%	11	2,79%	13
40	Landes	Aquitaine						
47	Lot-et-Garonne	Aquitaine						
64	Pyrénées-Atlantiques	Aquitaine						
28	Eure-et-Loir	Centre	3,40%	8	3,24%	9	3,13%	12
18	Cher	Centre						
36	Indre	Centre						
37	Indre-et-Loire	Centre						
41	Loir-et-Cher	Centre						
45	Loiret	Centre						

Département	Région	Micro	Rang	Risc	Rang	Mini	Rang
-------------	--------	-------	------	------	------	------	------

25	Doubs	Franche-Comté	1,17%	20	1,35%	17	3,99%	9
39	Jura	Franche-Comté						
70	Haute-Saône	Franche-Comté						
90	Territoire de Belfort	Franche-Comté						
44	Loire-Atlantique	Pays de la Loire	4,85%	4	3,58%	8	5,15%	5
49	Maine-et-Loire	Pays de la Loire						
53	Mayenne	Pays de la Loire						
72	Sarthe	Pays de la Loire						
85	Vendée	Pays de la Loire						
08	Ardennes	Champagne-Ardenne	1,46%	18	1,23%	19	2,13%	17
10	Aube	Champagne-Ardenne						
51	Marne	Champagne-Ardenne						
52	Haute-Marne	Champagne-Ardenne						
54	Meurthe-et-Moselle	Lorraine	2,79%	10	2,91%	10	4,19%	7
55	Meuse	Lorraine						
57	Moselle	Lorraine						
88	Vosges	Lorraine						
59	Nord	Nord-Pas-de-Calais						
62	Pas-de-Calais	Nord-Pas-de-Calais	6,26%	3	4,49%	5	6,56%	3
02	Aisne	Picardie	1,89%	15	1,65%	14	2,01%	18
60	Oise	Picardie						
80	Somme	Picardie						
14	Calvados	Basse-Normandie	1,90%	14	1,63%	15	2,21%	16
50	Manche	Basse-Normandie						
61	Orne	Basse-Normandie						
67	Bas-Rhin	Alsace	2,77%	11	2,17%	13	3,39%	10
68	Haut Rhin	Alsace						
21	Côte-d'Or	Bourgogne	1,60%	16	1,28%	18	2,42%	14
58	Nièvre	Bourgogne						
71	Saône-et-Loire	Bourgogne						
89	Yonne	Bourgogne						
27	Eure	Haute-Normandie	2,31%	13	2,42%	12	4,00%	8
76	Seine-Maritime	Haute-Normandie						
75	Paris	Ile-de-France	37,18%	1	40,70%	1	26,65%	1
77	Seine-et-Marne	Ile-de-France						
78	Yvelines	Ile-de-France						
91	Essonne	Ile-de-France						
92	Hauts-de-Seine	Ile-de-France						
93	Seine-Saint-Denis	Ile-de-France						
94	Val-de-Marne	Ile-de-France						
95	Val-d'Oise	Ile-de-France						

	Département	Région	Micro	Rang	Risc	Risc	Rang	Mini	Rang
		Outre mer	0,01%	96					
01	Ain	Rhône-Alpes	0,50%	49	286	1,11%	23	1,07%	31
02	Aisne	Picardie	0,44%	54	64	0,25%	63	0,61%	47
03	Allier	Auvergne	0,27%	67	49	0,19%	70	0,21%	82
04	Alpes-de-Haute-Provence	Provence-Alpes-Côte d'Azur	0,10%	89	9	0,03%	92	0,03%	94
05	Hautes-Alpes	Provence-Alpes-Côte d'Azur	0,09%	92	6	0,02%	94	0,11%	89
06	Alpes-Maritimes	Provence-Alpes-Côte d'Azur	0,98%	29	617	2,39%	10	2,92%	6
07	Ardèche	Rhône-Alpes	0,29%	66	42	0,16%	72	0,49%	54
08	Ardennes	Champagne-Ardenne	0,16%	79	27	0,10%	82	0,53%	50
09	Ariège	Midi-Pyrénées	0,10%	90	25	0,10%	84	0,22%	81
10	Aube	Champagne-Ardenne	0,44%	53	47	0,18%	71	0,42%	60
11	Aude	Languedoc-Roussillon	0,16%	81	25	0,10%	84	0,28%	76
12	Aveyron	Midi-Pyrénées	0,34%	63	28	0,11%	81	0,21%	82
13	Bouches-du-Rhône	Provence-Alpes-Côte d'Azur	2,42%	9	937	3,63%	5	1,84%	14
14	Calvados	Basse-Normandie	1,09%	24	144	0,56%	43	1,17%	29
15	Cantal	Auvergne	0,05%	93	10	0,04%	91	0,07%	92
16	Charente	Poitou-Charentes	0,30%	65	23	0,09%	86	0,62%	46
17	Charente-Maritime	Poitou-Charentes	0,40%	60	159	0,62%	40	0,30%	74
18	Cher	Centre	0,43%	55	129	0,50%	47	0,40%	67
19	Corrèze	Limousin	0,22%	73	32	0,12%	78	0,28%	76
20	Corse	Corse	0,20%	75	27	0,10%	82	0,23%	79
21	Côte-d'Or	Bourgogne	0,64%	37	92	0,36%	57	0,78%	40
22	Côtes-d'Armor	Bretagne	0,47%	50	127	0,49%	48	0,47%	56
23	Creuse	Limousin	0,04%	94	8	0,03%	93	0,04%	93
24	Dordogne	Aquitaine	0,21%	74	37	0,14%	73	0,11%	89
25	Doubs	Franche-Comté	0,64%	39	85	0,33%	59	0,66%	44
26	Drôme	Rhône-Alpes	0,53%	47	79	0,31%	61	0,95%	34
27	Eure	Haute-Normandie	0,63%	40	71	0,27%	62	0,78%	40
28	Eure-et-Loir	Centre	0,59%	42	103	0,40%	54	0,46%	57
29	Finistère	Bretagne	1,43%	20	429	1,66%	16	0,85%	37
30	Gard	Languedoc-Roussillon	0,42%	58	138	0,53%	44	0,53%	50
31	Haute-Garonne	Midi-Pyrénées	2,65%	8	848	3,28%	7	1,82%	15
32	Gers	Midi-Pyrénées	0,13%	87	22	0,09%	87	0,18%	84
33	Gironde	Aquitaine	1,74%	16	322	1,25%	19	1,44%	19
34	Hérault	Languedoc-Roussillon	0,79%	34	203	0,79%	31	0,83%	38
35	Ille-et-Vilaine	Bretagne	1,26%	21	362	1,40%	17	1,81%	16
36	Indre	Centre	0,19%	76	33	0,13%	77	0,13%	88
37	Indre-et-Loire	Centre	0,64%	38	174	0,67%	35	0,67%	43
38	Isère	Rhône-Alpes	2,08%	10	649	2,51%	9	2,70%	7
39	Jura	Franche-Comté	0,23%	72	58	0,22%	64	0,46%	57
40	Landes	Aquitaine	0,26%	69	50	0,19%	68	0,42%	60
41	Loir-et-Cher	Centre	0,40%	59	151	0,58%	41	0,23%	79
42	Loire	Rhône-Alpes	0,92%	31	195	0,75%	33	1,41%	20
43	Haute-Loire	Auvergne	0,13%	88	19	0,07%	88	0,29%	75
44	Loire-Atlantique	Pays de la Loire	2,01%	12	314	1,22%	21	1,80%	17
45	Loiret	Centre	1,15%	23	246	0,95%	28	1,24%	25
46	Lot	Midi-Pyrénées	0,09%	91	93	0,36%	56	0,11%	89
47	Lot-et-Garonne	Aquitaine	0,42%	57	37	0,14%	73	0,37%	68
48	Lozère	Languedoc-Roussillon	0,03%	95	4	0,02%	95	0,02%	95
49	Maine-et-Loire	Pays de la Loire	1,04%	26	164	0,63%	38	1,60%	18
50	Manche	Basse-Normandie	0,56%	44	224	0,87%	29	0,63%	45

	Département	Région	Micro	Rang	Risc	Risc	Rang	Mini	Rang
51	Marne	Champagne-Ardennes	0,70%	35	214	0,83%	30	0,93%	35
52	Haute-Marne	Champagne-Ardennes	0,16%	82	29	0,11%	79	0,25%	78
53	Mayenne	Pays de la Loire	0,25%	71	50	0,19%	68	0,36%	69
54	Meurthe-et-Moselle	Lorraine	1,09%	25	322	1,25%	19	2,25%	10
55	Meuse	Lorraine	0,15%	83	29	0,11%	79	0,36%	69
56	Morbihan	Bretagne	0,42%	56	103	0,40%	54	1,21%	27
57	Moselle	Lorraine	1,22%	22	282	1,09%	25	1,22%	26
58	Nièvre	Bourgogne	0,18%	77	36	0,14%	75	0,18%	84
59	Nord	Nord-Pas-de-Calais	4,50%	3	875	3,39%	6	5,24%	3
60	Oise	Picardie	0,85%	33	278	1,08%	26	0,92%	36
61	Orne	Basse-Normandie	0,26%	70	54	0,21%	65	0,41%	64
62	Pas-de-Calais	Nord-Pas-de-Calais	1,76%	15	285	1,10%	24	1,32%	22
63	Puy-de-Dôme	Auvergne	0,97%	30	108	0,42%	52	0,60%	48
64	Pyrénées-Atlantiques	Aquitaine	0,53%	46	195	0,75%	33	0,44%	59
65	Hautes-Pyrénées	Midi-Pyrénées	0,14%	84	54	0,21%	65	0,14%	86
66	Pyrénées-Orientales	Languedoc-Roussillon	0,17%	78	16	0,06%	89	0,71%	42
67	Bas-Rhin	Alsace	1,91%	13	361	1,40%	18	2,21%	11
68	Haut Rhin	Alsace	0,86%	32	199	0,77%	32	1,18%	28
69	Rhône	Rhône-Alpes	4,48%	4	757	2,93%	8	3,07%	5
70	Haute-Saône	Franche-Comté	0,14%	85	35	0,14%	76	0,41%	64
71	Saône-et-Loire	Bourgogne	0,50%	48	92	0,36%	57	1,14%	30
72	Sarthe	Pays de la Loire	0,55%	45	135	0,52%	45	0,58%	49
73	Savoie	Rhône-Alpes	0,46%	52	108	0,42%	52	0,50%	53
74	Haute-Savoie	Rhône-Alpes	1,03%	27	115	0,45%	50	1,00%	33
75	Paris	Ile-de-France	12,45%	1	2 904	11,24%	2	7,48%	2
76	Seine-Maritime	Haute-Normandie	1,68%	17	555	2,15%	14	3,22%	4
77	Seine-et-Marne	Ile-de-France	1,87%	14	570	2,21%	12	1,37%	21
78	Yvelines	Ile-de-France	2,66%	7	1 064	4,12%	4	1,32%	22
79	Deux-Sèvres	Poitou-Charentes	1,59%	18	592	2,29%	11	0,42%	60
80	Somme	Picardie	0,60%	41	85	0,33%	59	0,49%	54
81	Tarn	Midi-Pyrénées	0,57%	43	130	0,50%	46	0,32%	72
82	Tarn-et-Garonne	Midi-Pyrénées	0,14%	86	14	0,05%	90	0,14%	86
83	Var	Provence-Alpes-Côte d'Azur	0,39%	62	53	0,21%	67	0,42%	60
84	Vaucluse	Provence-Alpes-Côte d'Azur	0,65%	36	150	0,58%	42	1,07%	31
85	Vendée	Pays de la Loire	1,01%	28	261	1,01%	27	0,81%	39
86	Vienne	Poitou-Charentes	0,40%	61	162	0,63%	39	0,41%	64
87	Haute-Vienne	Limousin	0,47%	51	165	0,64%	37	0,51%	52
88	Vosges	Lorraine	0,33%	64	119	0,46%	49	0,35%	71
89	Yonne	Bourgogne	0,27%	68	110	0,43%	51	0,32%	72
90	Territoire de Belfort	Franche-Comté	0,16%	80	171	0,66%	36	2,46%	8
91	Essonne	Ile-de-France	2,05%	11	458	1,77%	15	1,28%	24
92	Hauts-de-Seine	Ile-de-France	10,72%	2	3 132	12,12%	1	8,80%	1
93	Seine-Saint-Denis	Ile-de-France	2,98%	5	563	2,18%	13	1,94%	13
94	Val-de-Marne	Ile-de-France	2,89%	6	1 522	5,89%	3	2,27%	9
95	Val-d'Oise	Ile-de-France	1,56%	19	305	1,18%	22	2,19%	12

Annexe 1 : Tableau 1

	% répartition serveurs au sein des départements	1 à 9 salariés	10 à 99 salariés	100 à 499 salariés	500 à 999 salariés	1000 salariés et plus	Total (poids du département)	Rang
	<b>Total</b>	<b>3,5%</b>	<b>13,1%</b>	<b>26,7%</b>	<b>31,0%</b>	<b>25,6%</b>	<b>100%</b>	
1	Ain	5,3%	20,0%	37,4%	26,8%	10,6%	0,6%	45
2	Aisne	5,7%	19,4%	40,5%	31,2%	3,3%	0,5%	56
3	Allier	6,8%	19,8%	48,7%	22,4%	2,2%	0,3%	71
4	Alpes-de-Haute-Provence	12,5%	26,9%	49,8%	8,4%	2,4%	0,1%	93
5	Hautes-Alpes	13,4%	41,2%	42,5%	0,0%	2,8%	0,1%	96
6	Alpes-Maritimes	7,2%	17,0%	23,5%	34,1%	18,2%	0,9%	34
7	Ardèche	8,0%	19,7%	42,1%	24,7%	5,6%	0,2%	74
8	Ardennes	6,5%	27,2%	38,9%	12,9%	14,5%	0,2%	77
9	Ariège	13,9%	33,2%	36,6%	13,7%	2,5%	0,1%	95
10	Aube	4,3%	23,0%	31,0%	22,5%	19,2%	0,4%	66
11	Aude	13,8%	28,9%	35,6%	12,0%	9,7%	0,1%	87
12	Aveyron	8,8%	23,8%	44,4%	18,3%	4,7%	0,2%	78
13	Bouches-du-Rhône	4,3%	13,2%	20,7%	39,1%	22,7%	2,2%	8
14	Calvados	2,9%	9,9%	22,8%	42,9%	21,4%	1,1%	24
15	Cantal	6,8%	13,4%	20,7%	57,7%	1,3%	0,1%	86
16	Charente	5,5%	16,5%	30,7%	27,1%	20,3%	0,4%	64
17	Charente-Maritime	7,7%	20,2%	28,8%	24,9%	18,4%	0,4%	58
18	Cher	5,0%	15,0%	23,0%	24,1%	32,9%	0,3%	67
19	Corrèze	8,6%	25,9%	39,0%	19,4%	7,0%	0,2%	83
2A	Corse du sud	6,1%	13,6%	26,5%	47,0%	6,7%	0,2%	85
2B	Haute Corse	11,6%	29,3%	42,0%	15,0%	2,1%	0,1%	91
21	Côte-d'Or	3,6%	10,3%	29,4%	29,2%	27,5%	0,7%	41
22	Côtes-d'Armor	5,9%	30,6%	31,8%	18,1%	13,6%	0,5%	55
23	Creuse	11,2%	24,6%	51,0%	13,2%	0,0%	0,1%	94
24	Dordogne	14,0%	32,0%	32,3%	15,6%	6,1%	0,2%	81
25	Doubs	4,6%	18,1%	32,4%	23,5%	21,4%	0,6%	46
26	Drôme	4,2%	14,6%	33,3%	30,0%	17,9%	0,6%	42
27	Eure	7,9%	24,8%	46,2%	7,2%	13,8%	0,3%	68
28	Eure-et-Loir	4,2%	13,2%	31,5%	27,3%	23,7%	0,6%	43
29	Finistère	3,5%	16,0%	28,7%	32,8%	19,0%	1,3%	20
30	Gard	6,5%	17,0%	30,0%	34,1%	12,4%	0,6%	44
31	Haute-Garonne	4,0%	17,3%	24,4%	29,6%	24,7%	1,6%	16
32	Gers	15,9%	37,8%	32,9%	11,0%	2,4%	0,1%	92
33	Gironde	5,3%	15,4%	28,6%	22,1%	28,6%	1,5%	17
34	Hérault	6,4%	16,7%	34,2%	13,6%	29,1%	0,9%	31
35	Ille-et-Vilaine	3,0%	10,4%	22,9%	45,1%	18,6%	1,6%	14
36	Indre	7,5%	19,6%	40,6%	21,5%	10,8%	0,2%	76
37	Indre-et-Loire	3,5%	12,4%	21,5%	37,0%	25,5%	0,8%	35
38	Isère	4,0%	16,1%	25,9%	32,6%	21,4%	1,6%	15
39	Jura	7,3%	23,8%	36,2%	31,1%	1,5%	0,3%	70
40	Landes	5,4%	15,6%	31,6%	36,3%	11,2%	0,4%	63
41	Loir-et-Cher	4,7%	13,2%	26,2%	49,8%	6,2%	0,4%	61
42	Loire	4,7%	17,3%	28,2%	19,8%	29,9%	1,0%	27
43	Haute-Loire	10,7%	37,1%	41,7%	9,0%	1,5%	0,1%	88
44	Loire-Atlantique	3,1%	13,8%	27,4%	29,6%	26,1%	1,7%	13
45	Loiret	3,1%	11,1%	26,1%	41,0%	18,7%	1,1%	25
46	Lot	4,8%	9,6%	9,9%	53,0%	22,8%	0,3%	69
47	Lot-et-Garonne	9,5%	24,8%	27,4%	31,4%	7,0%	0,3%	73
48	Lozère	17,1%	36,5%	30,4%	16,0%	0,0%	0,0%	97
49	Maine-et-Loire	3,8%	15,4%	27,5%	44,9%	8,4%	1,0%	29
50	Manche	6,3%	28,0%	31,0%	19,4%	15,3%	0,5%	57

51	Marne	3,7%	13,8%	23,1%	41,6%	17,8%	0,8%	36
52	Haute-Marne	4,9%	22,8%	32,6%	39,7%	0,0%	0,2%	75
53	Mayenne	4,0%	16,3%	24,8%	39,9%	15,0%	0,4%	62
54	Meurthe-et-Moselle	3,2%	12,8%	25,4%	41,8%	16,8%	1,1%	26
55	Meuse	7,8%	20,0%	44,9%	14,5%	12,8%	0,2%	84
56	Morbihan	5,1%	16,2%	36,8%	33,8%	8,1%	0,7%	39
57	Moselle	3,6%	19,2%	26,5%	30,7%	20,0%	1,4%	19
58	Nièvre	10,4%	28,4%	43,3%	16,2%	1,6%	0,1%	89
59	Nord	2,6%	10,8%	25,3%	30,1%	31,3%	4,1%	3
60	Oise	5,0%	14,7%	32,2%	28,3%	19,7%	0,8%	37
61	Orne	7,7%	20,5%	53,0%	10,2%	8,5%	0,3%	72
62	Pas-de-Calais	5,3%	19,4%	34,5%	23,8%	17,0%	1,1%	22
63	Puy-de-Dôme	3,4%	10,1%	23,6%	31,8%	31,0%	1,1%	23
64	Pyrénées-Atlantiques	8,8%	22,0%	41,4%	15,0%	12,7%	0,5%	54
65	Hautes-Pyrénées	7,2%	17,5%	27,2%	20,7%	27,4%	0,2%	79
66	Pyrénées-Orientales	7,2%	16,4%	31,7%	24,7%	19,9%	0,4%	65
67	Bas-Rhin	2,5%	16,0%	21,9%	34,4%	25,2%	2,2%	7
68	Haut Rhin	3,8%	23,3%	27,9%	29,8%	15,3%	1,0%	28
69	Rhône	3,1%	12,5%	22,3%	24,8%	37,3%	3,3%	4
70	Haute-Saône	7,8%	23,0%	43,8%	23,1%	2,2%	0,2%	80
71	Saône-et-Loire	7,0%	20,1%	41,6%	15,1%	16,2%	0,5%	53
72	Sarthe	2,9%	9,8%	24,4%	48,7%	14,2%	1,0%	30
73	Savoie	5,1%	16,4%	35,9%	32,6%	10,0%	0,6%	47
74	Haute-Savoie	5,1%	18,4%	33,7%	21,6%	21,1%	0,9%	32
75	Paris	1,8%	9,3%	27,7%	28,8%	32,4%	16,5%	1
76	Seine-Maritime	3,4%	12,5%	29,3%	32,3%	22,5%	1,8%	11
77	Seine-et-Marne	4,1%	14,3%	23,2%	37,0%	21,4%	1,4%	18
78	Yvelines	2,1%	7,0%	19,0%	32,7%	39,3%	2,5%	5
79	Deux-Sèvres	2,6%	10,9%	33,7%	19,4%	33,4%	0,8%	38
80	Somme	5,6%	18,9%	33,3%	13,6%	28,6%	0,5%	50
81	Tarn	4,9%	14,9%	12,5%	51,1%	16,5%	0,5%	51
82	Tarn-et-Garonne	12,1%	28,3%	33,5%	16,8%	9,3%	0,1%	90
83	Var	9,7%	23,2%	33,5%	21,8%	11,9%	0,6%	49
84	Vaucluse	6,9%	20,3%	31,3%	30,8%	10,7%	0,5%	52
85	Vendée	3,6%	18,0%	33,9%	21,1%	23,4%	0,9%	33
86	Vienne	4,0%	12,3%	39,7%	9,9%	34,1%	0,6%	48
87	Haute-Vienne	3,0%	9,8%	17,7%	58,8%	10,8%	0,7%	40
88	Vosges	5,8%	25,0%	39,7%	21,9%	7,6%	0,4%	59
89	Yonne	5,0%	22,7%	31,2%	21,0%	20,1%	0,4%	60
90	Territoire de Belfort	3,9%	18,2%	21,3%	21,7%	35,0%	0,2%	82
91	Essonne	2,5%	9,6%	25,8%	35,3%	26,8%	1,7%	12
92	Hauts-de-Seine	0,8%	4,3%	17,8%	35,4%	41,8%	9,6%	2
93	Seine-Saint-Denis	2,5%	10,7%	21,4%	30,3%	35,0%	2,3%	6
94	Val-de-Marne	2,7%	9,6%	18,2%	43,1%	26,4%	1,9%	9
95	Val-d'Oise	3,4%	11,9%	29,5%	36,3%	18,9%	1,3%	21
Dom	Dom	5,2%	18,8%	35,7%	32,2%	8,1%	1,8%	10
Tom	Tom	4,4%	68,5%	27,1%	0,0%	0,0%	0,0%	99
Etranger*	etranger	1,6%	14,2%	84,2%	0,0%	0,0%	0,0%	98

Annexe 1 : Tableau 2

	% répartition serveurs par taille d'entreprise	Rang 1-9 salariés	Rang 10-99 salariés	Rang 100-499 salariés	Rang 500-999 salariés	Rang 1000 salariés et plus
1	Ain	43	37	38	47	60
2	Aisne	53	53	48	52	76
3	Allier	73	75	60	74	84
4	Alpes-de-Haute-Provence	91	93	88	95	90
5	Hautes-Alpes	93	89	94	97	90
6	Alpes-Maritimes	9	27	40	32	35
7	Ardèche	71	78	70	73	78
8	Ardennes	85	69	74	83	70
9	Ariège	89	92	96	92	90
10	Aube	77	56	67	66	55
11	Aude	69	82	85	89	77
12	Aveyron	72	76	71	79	82
13	Bouches-du-Rhône	4	7	11	4	9
14	Calvados	41	41	35	17	25
15	Cantal	92	95	92	64	90
16	Charente	66	67	64	57	50
17	Charente-Maritime	37	54	61	56	47
18	Cher	76	77	76	67	44
19	Corrèze	82	81	79	81	79
2A	Corse du sud	94	94	89	72	82
2B	Haute Corse	90	91	90	90	90
21	Côte-d'Or	59	60	41	39	30
22	Côtes-d'Armor	50	30	56	65	58
23	Creuse	95	96	87	92	95
24	Dordogne	49	65	81	82	79
25	Doubs	51	43	47	53	42
26	Drôme	52	51	39	42	43
27	Eure	55	58	55	85	67
28	Eure-et-Loir	54	57	45	45	38
29	Finistère	25	17	17	24	23
30	Gard	30	46	50	38	52
31	Haute-Garonne	10	8	16	19	14
32	Gers	83	86	93	94	87
33	Gironde	6	13	13	29	12
34	Hérault	14	26	23	54	22
35	Ille-et-Vilaine	22	22	19	9	18
36	Indre	74	80	72	76	72
37	Indre-et-Loire	44	44	51	30	26
38	Isère	8	10	14	14	15
39	Jura	64	61	68	61	85
40	Landes	62	68	62	51	68
41	Loir-et-Cher	68	71	66	37	71
42	Loire	23	20	26	40	17
43	Haute-Loire	79	73	82	91	87
44	Loire-Atlantique	20	14	10	16	11
45	Loiret	38	34	27	21	28
46	Lot	86	90	95	49	56
47	Lot-et-Garonne	60	66	78	68	75
48	Lozère	96	97	98	96	95
49	Maine-et-Loire	34	29	32	23	48
50	Manche	46	32	57	63	54

	% répartition serveurs par taille d'entreprise	Rang 1-9 salariés	Rang 10-99 salariés	Rang 100-499 salariés	Rang 500-999 salariés	Rang 1000 salariés et plus
50	Manche	46	32	57	63	54
51	Marne	42	38	46	28	39
52	Haute-Marne	88	72	75	59	95
53	Mayenne	75	62	69	46	59
54	Meurthe-et-Moselle	36	31	29	22	33
55	Meuse	87	87	77	86	74
56	Morbihan	33	36	31	35	63
57	Moselle	21	9	20	25	20
58	Nièvre	84	83	83	87	87
59	Nord	2	2	3	3	3
60	Oise	29	35	33	36	34
61	Orne	70	74	58	84	73
62	Pas-de-Calais	11	15	15	33	29
63	Puy-de-Dôme	32	40	34	27	16
64	Pyrénées-Atlantiques	27	42	43	70	61
65	Hautes-Pyrénées	80	84	84	78	64
66	Pyrénées-Orientales	56	70	65	62	53
67	Bas-Rhin	16	5	8	8	7
68	Haut Rhin	31	12	28	31	36
69	Rhône	3	3	4	5	4
70	Haute-Saône	78	79	73	77	85
71	Saône-et-Loire	39	49	42	69	49
72	Sarthe	48	50	36	18	41
73	Savoie	47	52	44	44	65
74	Haute-Savoie	24	23	24	41	32
75	Paris	1	1	1	1	1
76	Seine-Maritime	12	16	6	13	13
77	Seine-et-Marne	15	18	22	15	19
78	Yvelines	18	21	9	6	5
79	Deux-Sèvres	67	55	30	50	21
80	Somme	45	47	52	71	37
81	Tarn	57	59	80	34	46
82	Tarn-et-Garonne	81	85	86	88	81
83	Var	17	33	49	55	57
84	Vaucluse	35	45	54	48	66
85	Vendée	40	25	25	43	27
86	Vienne	61	64	37	75	31
87	Haute-Vienne	65	63	63	26	51
88	Vosges	58	39	53	58	69
89	Yonne	63	48	59	60	45
90	Territoire de Belfort	97	88	91	80	62
91	Essonne	28	24	12	11	10
92	Hauts-de-Seine	7	4	2	2	2
93	Seine-Saint-Denis	13	11	7	10	6
94	Val-de-Marne	19	19	21	7	8
95	Val-d'Oise	26	28	18	20	24
Dom	Dom	5	6	5	12	40
Tom	Tom	99	98	99	97	95
Etranger*	etranger	98	99	97	97	95

Annexe 1 : Tableau 3

## ANNEXE 2

# LES RECOMMANDATIONS DU CRIP

### *Cas des grandes industries et des grands datacenters*

*Les grandes entreprises (Renault, Orange,...), dont les besoins et les implantions de datacenters dépassent le cadre national, ont créé un organisme, le CRIP, qui s'est attaché à analyser les grandes tendances liées à la conception et à l'exploitation des centres de données en France et d'apporter au lecteur une réflexion et des solutions sur les problématiques rencontrées ainsi que les grandes questions qui se posent dans ce domaine.*

*Le livre Blanc, publié en Juin 2009, couvre différents domaines sur la conception du Datacenter et la couverture des risques.*

- *Organisation des sites et critères de positionnement des applications.*
- *Critères de localisation des centres dans le monde*
- *Construire ou louer*
- *Impacts des technologies sur les datacenters.*

*Parmi les sujets qui recourent le sujet de l'aménagement du territoire, on peut noter le bon positionnement de la France sur des critères de choix clés dans le choix d'implantation d'un datacenter tel que:*

- *La fiabilité des environnements d'infrastructure et d'énergie*
- *La maturité Telecom*
- *Les coûts récurrents d'exploitation des centres*

***La convergence des points de vue évoqués dans le rapport du CRIP et ceux évoqués dans le cadre de notre rapport renforcent le point de vue de notre atelier dans l'intérêt de développer ce marché en France.***

## **ANNEXE 3**

### **ETAT DE L'ART**

*Guide d'achat et de gestion des infrastructures  
pour des serveurs sobres en énergie*

*Consortium e-Server*

*(Austrian Energy Agency, IBM, ADEME, Robert Harrison Associates)*

# Guide

d'achat et de gestion  
des **équipements** et  
des **infrastructures**  
pour des **serveurs**  
**sobres en énergie**

EFFICIENT-SERVERS



Consortium e-Server

Bernd Schäppi, Austrian Energy Agency  
Thomas Bogner, Austrian Energy Agency  
Bernhard Przywara, SUN Microsystems  
Silvio Weeren, IBM  
Frank Bellosa, Universität de Karlsruhe  
Alain Anglade, ADEME  
Bob Harrison, Robert Harrison Associates



Avec le soutien de

Intelligent Energy  Europe

# SOMMAIRE

<b>1</b>	Possibilités d'optimiser la consommation énergétique dans les centres de données et les salles informatiques	<b>P. 4</b>
<b>2</b>	Cadre pratique de déploiement de l'efficacité énergétique	<b>P. 5</b>
<b>2.1</b>	Responsabilité en matière d'efficacité énergétique dans les entreprises	<b>P. 5</b>
<b>2.2</b>	Contrôle de la consommation énergétique Évaluation des coûts et des gisements d'économie d'énergie	<b>P. 6</b>
<b>2.2.1</b>	Aspects généraux	<b>P. 6</b>
<b>2.2.2</b>	Mise en œuvre d'un système de mesure	<b>P. 7</b>
<b>2.2.3</b>	Appareils de mesure de l'énergie	<b>P. 8</b>
<b>2.3</b>	Référentiels et critères d'efficacité énergétique pour les centres de données	<b>P. 10</b>
<b>2.3.1</b>	Référentiels existants	<b>P. 10</b>
<b>3</b>	Achat d'équipement	<b>P. 12</b>
<b>3.1</b>	Serveur à haute efficacité énergétique	<b>P. 12</b>
<b>3.1.1</b>	Spécifications et indicateurs internationaux en matière d'efficacité énergétique pour les serveurs	<b>P. 13</b>
<b>3.1.2</b>	Efficacité énergétique des alimentations électriques	<b>P. 13</b>
<b>3.1.3</b>	Consommation énergétique des serveurs	<b>P. 16</b>

3.2	Solutions de stockage à faible consommation énergétique	P. 20
3.3	Consolidation et virtualisation	P. 22
3.3.1	Aspects généraux	P. 22
3.3.2	Préparation élémentaire des projets de consolidation et de virtualisation	P. 22
3.4	Prise en compte de la gestion d'énergie dans les achats	P. 24
3.4.1	Aspects généraux	P. 24
3.4.2	La gestion de l'énergie par composant	P. 24
3.4.3	La gestion de l'énergie au niveau du serveur	P. 25
4	Infrastructures des centres de données : la climatisation	P. 27
4.1	Présentation générale	P. 27
4.2	Température optimale dans les locaux de serveurs	P. 27
4.3	Systèmes de climatisation adaptés aux centres de données	P. 28
4.3.1	Une technologie à haut rendement comme élément clé	P. 28
4.3.2	Concepts relatifs aux options de refroidissement et d'aménagement	P. 29
4.3.3	Refroidissement naturel ou free cooling	P. 31
4.4	Systèmes de climatisation adaptés aux locaux de serveurs Appareils de conditionnement de l'air	P. 34
	Références	P. 35

# 1

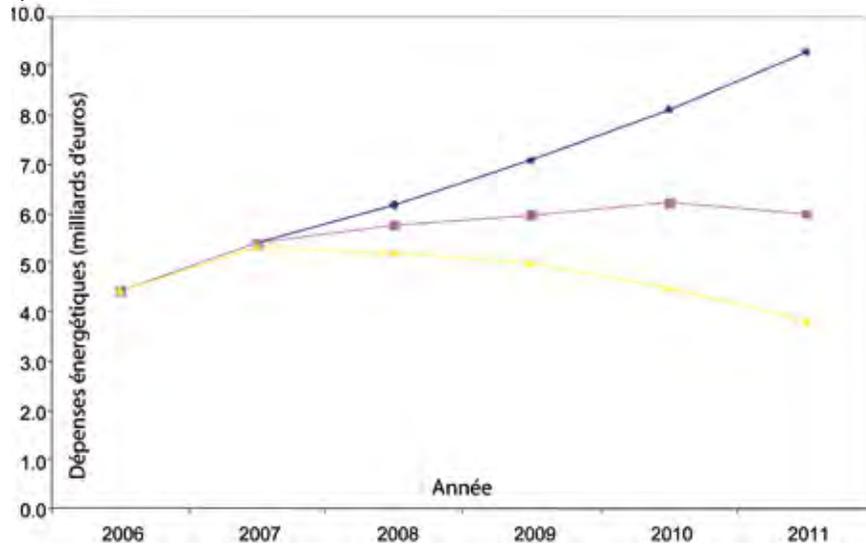
## POSSIBILITÉS D'OPTIMISER LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DANS LES CENTRES DE DONNÉES ET LES SALLES INFORMATIQUES



Tendance d'évolution des coûts de l'électricité dans les centres de données sur la période 2007-2011 dans un scénario 'business as usual' (BAU ou scénario du laisser-faire), et dans des scénarios d'économie d'énergie modérée et volontariste [ESC07]

Fig.1.1

Dépenses annuelles du poste énergie dans les centres de données pour différents scénarios



Selon la situation initiale et le type de mesures adoptées, les coûts énergétiques peuvent souvent être réduits d'au moins 25% et jusqu'à plus de 70%. Des exemples pratiques [ESC09] ont permis de démontrer la faisabilité d'un certain nombre de mesures visant à optimiser la consommation énergétique sans incidence négative sur la sécurité et la performance des systèmes.

Les plus grandes économies d'énergie peuvent être réalisées si des mesures sont appliquées le plus en amont dans la chaîne de la demande en énergie. Dès lors, l'achat d'équipements et de logiciels pour serveurs à faible consommation énergétique joue un rôle prépondérant dans l'exploitation maximale du gisement d'économie d'énergie. Dans de nombreux centres de données, la moitié de l'énergie électrique est utilisée par le matériel, les serveurs proprement dits, les systèmes de stockage et les composants de réseau. L'autre moitié alimente les infrastructures comme le système de refroidissement, le système d'alimentation sans interruption, l'éclairage, etc. Dans la mesure où la demande en énergie des systèmes de refroidissement et d'alimentation sans interruption dépend directement de la consommation électrique et de la dissipation thermique du matériel informatique, les mesures d'efficacité énergétique s'avèrent doublement payantes au niveau des équipements.

En outre, les infrastructures informatiques offrent d'importantes possibilités d'économies de l'ordre de 25 à 40%. Il existe ainsi un large choix de technologies pour optimiser les systèmes de refroidissement.

Toutefois dans la pratique, l'exploitation de ces gisements d'économies reste encore freinée. Il est donc primordial que les entreprises développent en premier lieu un cadre approprié pour prendre des mesures efficaces.

Ce guide s'organise en trois parties. La première est consacrée à la façon dont les entreprises peuvent instaurer un cadre adapté au déploiement concret de mesures pour une efficacité énergétique accrue. La deuxième partie présente de manière générale les différentes options disponibles en terme d'efficacité énergétique et des recommandations issues de bonnes pratiques. Enfin, la troisième partie porte sur les mesures applicables dans le domaine des infrastructures informatiques.

Le déploiement effectif de mesures visant à améliorer la performance énergétique dans le domaine des équipements informatiques exige que les personnes en charge soient sensibilisées à cette question, engagées et dotées des pouvoirs nécessaires pour agir. Il est en outre essentiel que le management au plus haut niveau soutienne cette démarche.

Toute mesure visant à réduire la consommation énergétique doit être déployée le plus simplement possible dans le cadre des processus de renouvellement ou d'achat d'équipements et d'infrastructures informatiques. Les mises à niveau fondamentales se feront facilement tout en améliorant l'efficacité énergétique.

Dans la plupart des cas, les directeurs des systèmes d'information (DSI) ne voient aucun avantage à considérer la consommation énergétique comme un critère majeur dans leurs processus d'achat et de gestion, dans la mesure où ils ne bénéficient pas directement des effets de sa diminution. La responsabilité des infrastructures et donc des coûts énergétiques incombe généralement aux services généraux. Toutefois, ceux-ci n'ont pas l'habitude de traiter les coûts énergétiques de manière distincte ni de les imputer à leur initiateur respectif. Le coût total de possession (*Total Cost of Ownership* ou *TCO*) n'est généralement traité que partiellement, en ne tenant pas compte de la composante relative à la demande en énergie. Dans de nombreuses entreprises, la responsabilité des problèmes liés à l'efficacité énergétique n'est pas clairement définie et n'est donc pas traitée de manière active.

En règle générale, on obtiendra d'excellents résultats en matière d'efficacité énergétique si ce sujet est déjà considéré comme une question fondamentale par la direction de l'entreprise ou si les responsables informatiques ou des infrastructures sont capables de porter ce sujet à l'attention de leur direction.

L'adoption de critères liés à l'efficacité énergétique dans les processus d'achat et de gestion constitue un autre point important, car elle garantirait que l'efficacité énergétique soit prise en compte dans l'ensemble des principales activités d'achat et des révisions de procédures.

### 2.1 • Responsabilité en matière d'efficacité énergétique dans les entreprises



## RECOMMANDATIONS PRATIQUES

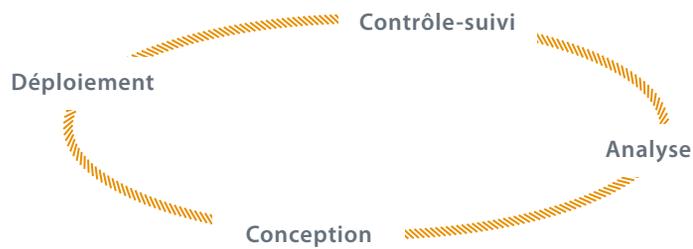
Afin de s'assurer que l'efficacité énergétique soit prise en compte au niveau des équipements et des infrastructures informatiques, les points suivants s'avèrent pertinents pour initier un processus effectif :

- **COLLECTER ET VALORISER** les informations sur les avantages de la sobriété énergétique à l'attention de la direction de l'entreprise,
- **ÉVALUER** la consommation et les coûts énergétiques dès lors que ces données de consommation sont accessibles sans trop d'efforts,
- **SE RÉUNIR** avec la direction de l'entreprise pour présenter les possibilités d'économies d'énergie et de réduction des coûts,
- **DÉCIDER** de considérer l'efficacité énergétique comme un facteur fondamental dans les achats,
- **DÉFINIR** les responsabilités et évaluer les moyens nécessaires pour un accord au niveau le plus élevé de l'entreprise.

## 2.2 • Contrôle de la consommation énergétique. Evaluation des coûts et des gisements d'économie d'énergie

Processus continu d'amélioration de l'efficacité énergétique

Fig.2.1



Le manque total de transparence en termes de demande et de coûts énergétiques est souvent à l'origine de la non exploitation des gisements d'économie d'énergie et en conséquence de la dérive des coûts d'exploitation des centres de données et des systèmes d'information des entreprises. Les coûts énergétiques restent souvent opaques car noyés dans les frais généraux d'infrastructure sans prise en compte possible dans une comptabilité énergétique. En outre, ce manque d'information sur la demande et les coûts énergétiques spécifiques ne crée pas un climat favorable au développement d'une politique d'économies d'énergie.

Les données relatives à la demande et aux coûts énergétiques des équipements et des infrastructures informatiques doivent dès lors faire l'objet de la plus grande transparence possible. Dans la pratique, la consommation énergétique des serveurs est souvent évaluée sur la base de la puissance nominale de leurs alimentations électriques. Même en multipliant les valeurs de puissance nominale par des facteurs correctifs, les résultats obtenus par cette méthode ne sont pas suffisamment fiables pour servir de base aux décisions et à la planification technique. L'exemple qui suit illustre la problématique que nous évoquons. Dans une SSII, la consommation énergétique a été mesurée puis comparée avec les spécifications de puissance nominale des équipements. La consommation énergétique moyenne mesurée n'était que de 38% de celle calculée à partir de la puissance nominale, tandis que la puissance maximale n'était que de 48% de celle calculée à partir de la puissance nominale indiquée. De tels écarts dans les résultats entre la mesure et l'estimation démontrent clairement l'importance des mesures notamment si elles s'inscrivent dans la durée.

Différents appareils de mesure sont disponibles, depuis des dispositifs de mesure d'énergie à faible coût jusqu'à du matériel professionnel nécessitant un investissement de plusieurs milliers d'euros. Pour procéder à une évaluation grossière de la consommation énergétique, notamment dans les petites entreprises, un dispositif simple à faible coût suffira dans la plupart des cas.

Les serveurs récents permettent d'évaluer directement la demande en énergie grâce à des interfaces dédiées et des fonctions implémentées au niveau de la gestion du système.

Pour procéder à une analyse de la demande en énergie comparativement à d'autres critères de performance et de service informatiques, il convient également de tenir compte des paramètres de charge applicables. À cette fin, des programmes sont disponibles qui permettent de décrire le degré d'utilisation du processeur et de la mémoire (voir le chapitre 3).

En outre, le contrôle et le suivi de la charge permettent d'évaluer l'intensité de charge dynamique qui servira de référence en vue de procéder à une éventuelle consolidation. De faibles niveaux de charge combinés à une forte demande en énergie suggèrent qu'il faut envisager de consolider et de virtualiser le système. Si une consolidation ou une virtualisation ne s'avère pas possible ou est inappropriée pour des raisons techniques (par exemple, dans le cas de serveurs dédiés ou pour des applications vitales), il conviendra de considérer une technologie de serveur à faible consommation énergétique pour une faible charge (voir le chapitre 3).

Somme toute, le contrôle de la demande en énergie en fonction de la charge offre des informations qui se révèlent essentielles pour la planification et l'évaluation de mesures d'efficacité énergétique à mettre en œuvre :

- le niveau et les variations de consommation d'énergie des serveurs utilisés,
- les variations de la charge informatique.

La section suivante propose des recommandations pour la mise en œuvre pratique des campagnes de mesure et pour le choix parmi les différents appareils de mesure disponibles sur le marché.

Pour l'analyse et le contrôle de la demande en énergie, il faut définir avec soin à quel niveau exactement et par quels moyens la consommation électrique doit être mesurée.

En cas de renouvellement complet d'un petit système informatique, l'évaluation de la demande en énergie dans le système initial et le nouveau système peut être réalisée assez aisément.

Toutefois, dans la plupart des cas, les équipements informatiques ne sont renouvelés que de manière incrémentale ou partielle. Pour évaluer la consommation d'énergie et ses variations dans de tels cas, il convient de procéder à un contrôle plus approfondi et continu.

En règle générale, les mesures peuvent être réalisées aux niveaux suivants :

- au point d'arrivée principale de l'alimentation électrique du fournisseur d'énergie (le tableau général basse tension ou TGBT dans les installations industrielles ou tertiaires de grande taille),
- au niveau d'un départ de tableau,
- au niveau de l'alimentation sans interruption (ASI),
- sur un serveur seul ou sur un groupe de serveurs,
- au niveau des blocs d'alimentation redondants d'un serveur.

La méthode la plus confortable et la moins intrusive consiste à évaluer la consommation énergétique au niveau du système d'alimentation secourue, méthode envisageable si un wattmètre est déjà intégré dans l'alimentation. Auquel cas, aucun équipement supplémentaire n'est nécessaire.

Toutefois, dans de nombreux cas, cette option n'est pas disponible et les mesures doivent être réalisées soit entre l'alimentation des serveurs et l'alimentation sans interruption, soit entre l'alimentation sans interruption et le TGBT.

Cette dernière option permet d'installer le dispositif de mesure « à chaud » sans avoir à éteindre les serveurs. La plupart du temps, toutefois, plusieurs serveurs voire le système informatique tout entier n'est alimenté que par un seul système d'alimentation sans interruption. Dans ce cas, il est plus difficile d'évaluer les sous-systèmes individuellement.

Afin de relier la demande en énergie avec la performance et la charge informatiques du système, il convient de collecter les données de performance et de charge.

Pour l'évaluation de la consommation énergétique, une longue période de contrôle est recommandée afin de pouvoir moyenniser les écarts au fil du temps.

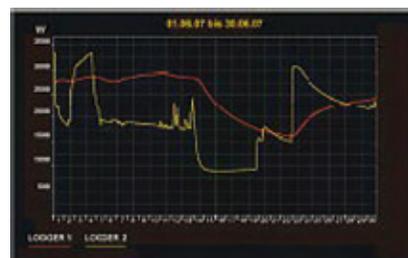
Avant de concevoir et de mettre en œuvre un système de mesure, il convient de décider si l'approche retenue doit permettre ou non de contrôler en continu le système informatique et d'évaluer la pertinence d'un projet de renouvellement ou de mise à niveau. Un autre objectif pourrait être de comparer les mesures obtenues avec celles d'autres centres de données (approche de *benchmarking*).

La période de mesure doit être choisie en fonction des charges spécifiques dont il faut tenir compte. Les écarts de demande (flux de travail en fin de mois comme les données clients, la facturation, etc.) doivent être pris en compte. Même si on peut s'attendre à une charge relativement constante, il est recommandé de programmer une période de mesure d'au moins une ou même deux à trois semaines.

Si, toutefois, la demande globale en énergie du centre de données doit être évaluée dans le cadre de *benchmarking*, et nécessite donc de prendre également en considération les infrastructures, il conviendra alors de procéder à un contrôle continu de la consommation d'énergie par tous les moyens possibles. Auquel cas, il faudra également considérer que la demande du système de refroidissement dépend de la température extérieure et que la mesure doit donc être réalisée sur une année complète.

Pour mesurer la consommation énergétique, différents types d'appareils sont proposés aujourd'hui, y compris des dispositifs professionnels répondant aux normes les plus strictes. Ce dernier type d'appareil est généralement doté de plusieurs canaux permettant de procéder à des mesures en parallèle. Pour les équipements les plus sophistiqués, il faut prévoir un investissement de l'ordre de plusieurs milliers d'euros.

Energylogger Voltcraft 3500  
 Fig.2.2



## APPAREILS À FAIBLE COÛT POUR LES PETITES ENTREPRISES

Si l'objectif recherché est de contrôler un nombre restreint de points de mesure à un prix raisonnable, un simple enregistreur de puissance suffisamment précis fera l'affaire, comme par exemple l'Energylogger Voltcraft 3500 (EL 3500 voir figure 2.2).

Cet appareil s'installe en général entre le réseau électrique interne et l'équipement devant être mesuré. Il est équipé d'une mémoire non volatile permettant de stocker les données physiques du facteur de puissance, de la consommation énergétique et de la puissance pendant une période pouvant aller jusqu'à six mois. Les données peuvent être exportées vers un PC via une carte mémoire au format SD. Un programme livré avec l'appareil permet de traiter les données et d'afficher des graphiques. Les données peuvent être transformées au format texte CSV et Excel (voir également pour plus d'informations <http://energycheck.meterstand.info/>).

Spécifications techniques de l'Energy Logger 3500 : tension 230 V CA ; plage de puissance : 0,1 à 3 500 W ; précision : 5 à 3 500 W ( $\pm 1\% + 1$  chiffre) / 2 à 5 W ( $\pm 5\% + 1$  chiffre) /  $< 2$  W ( $\pm 15\% + 1$  chiffre).

## MESURES DE PRÉCISION ET AUTRES APPAREILS DE MESURE DANS LES CENTRES DE DONNÉES

À l'exclusion des solutions alternatives peu coûteuses pour des mesures temporaires telles que celles mentionnées précédemment, les options suivantes sont également disponibles :

- un enregistreur de données pour les mesures de puissance,
- une unité de distribution électrique (*power distribution unit* ou PDU) intelligente, incluant entre autres un dispositif de mesure,
- des dispositifs de mesure permanents (par armoire ou par circuit électrique).

Pour une mesure temporaire de la consommation énergétique des circuits sélectionnés, notamment pour la mesure de niveaux de puissance élevés avec intervention « à chaud » sans arrêter les équipements, ou pour une mesure au niveau de l'arrivée générale électrique (TGBT), il est recommandé de recourir à des appareils professionnels.

Ce type d'appareil permet de mesurer le courant et la puissance via plusieurs canaux en parallèle. Les données portant sur une période de temps plus longue (jusqu'à plusieurs mois) peuvent être stockées sur disque ou accédées à distance par télégestion.



Analysateur professionnel de puissance de marque Dewetron. (Source : Dewetron)

 Fig.2.3

Pour une mesure permanente de la puissance au niveau du serveur ou d'une armoire de serveurs, il est également possible d'utiliser des unités de distribution électriques intelligentes (ou iPDU). L'erreur relative des données collectées à l'aide de ce type d'appareil est significativement supérieure par rapport aux appareils de mesure de précision ( $\pm 5\%$ ). Toutefois, la précision est suffisante pour de simples tâches de contrôle. Les iPDU disposent d'un port réseau intégré (avec une adresse IP), et les données peuvent être exportées via une interface Web.

Si un contrôle permanent de la consommation énergétique de haute qualité est requis dans le centre de données pour le calcul du rendement énergétique et des comparatifs de performance, l'installation de compteurs électriques permanents au niveau des blocs d'alimentation est recommandée [AMDW09].

Les éléments d'infrastructure suivants doivent être pris en considération pour pouvoir établir un référentiel pour des comparaisons :

- l'équipement informatique proprement dit,
- le système d'alimentation sans interruption (ASI),
- l'éclairage dans les installations du centre de données,
- les systèmes de confinement climatisé (armoires ou allées) de serveurs (si elles sont mises en œuvre),
- la ventilation,
- les appareils de production de froid,
- les échangeurs de chaleur,
- les pompes du système de climatisation.

Les données des compteurs électriques peuvent être accédées via le protocole normalisé M-Bus (ou *meter bus*) et stockées puis traitées de manière centralisée via un serveur OPC (*OLE<sup>1</sup> for Process Control*, norme industrielle d'automatisation). Les compteurs électriques doivent satisfaire à la classe 1 conformément à la norme IEC 62053-11 (précision de 1% [IEC 03]).

<sup>1</sup>OLE : Object Linking and Embedding, technologie logicielle d'échange et d'inclusion d'objets, mise au point par Microsoft

## RECOMMANDATIONS PRATIQUES

- Il est nécessaire de mettre en œuvre un système de mesure ou de contrôle approprié (« ce qui ne se mesure pas ne se gère pas »). Le type de système choisi dépendra de l'objectif spécifique recherché (comparaison interne, externe, etc.).
- Pour établir la relation entre la consommation d'énergie et les systèmes informatiques considérés, il convient de contrôler les charges informatiques en conditions normales d'utilisation. La période de mesure doit être définie en tenant compte des variations possibles de la charge informatique de travail (par exemple, plus d'une semaine jusqu'à plusieurs semaines).
- L'évaluation de l'efficacité énergétique globale du centre de données exige de tenir compte de l'infrastructure informatique (refroidissement, éclairage, etc.).

## 2.3. Référentiels et critères d'efficacité énergétique pour les centres de données

Schéma de principe de l'évaluation des indicateurs PUE ou DCiE dans un centre de données

Fig.2.4



$$PUE = \frac{\text{Energie totale au point de livraison}}{\text{Energie des équipements informatiques}} \quad DCiE = \frac{1}{PUE} = \frac{\text{Energie des équipements informatiques}}{\text{Energie totale au point de livraison}}$$

Selon les études menées par Greenberg et al. [Gr06], les centres de données américains présentent un PUE moyen de 1,8 sur une plage de 1,3 à 3 pour les centres de données respectivement les plus performants et les moins performants du point de vue énergétique

## AVANTAGES DES INDICATEURS PUE ET DCiE

- Ces ratios sont relativement faciles à déterminer.
- Ces indicateurs sont bien établis au sein de la communauté des experts en informatique ; ils sont utilisés comme indicateurs de référence pour le Code de conduite européen des centres de données

## INCONVÉNIENTS DES INDICATEURS PUE ET DCIE



- Les indicateurs PUE et DCiE ne qualifient pas l'efficacité énergétique du système informatique en lui-même. Autrement dit, un centre de données doté de systèmes de refroidissement inefficaces et de serveurs non consolidés et inappropriés pourrait obtenir une valeur PUE semblable à celle d'un centre aux infrastructures et au système informatique optimisés. Il est impossible de tirer des conclusions sur l'efficacité énergétique réelle des services informatiques sur la seule base du PUE.
- Comparer les indicateurs PUE de différents centres de données peut s'avérer problématique. Par exemple, l'indicateur PUE ne tient pas compte des conditions climatiques du centre de données évalué. Compte tenu de leur plus faible demande en refroidissement ou climatisation, les centres de données basés dans le nord de l'Europe affichent *de facto* un indicateur PUE inférieur à celui des centres de données implantés dans le sud de l'Europe.

Une évaluation de l'efficacité énergétique intrinsèque des services informatiques peut se révéler difficile. Notamment s'agissant des systèmes virtualisés où il n'est plus possible d'établir une relation directe entre la consommation énergétique et chacune des applications. Quoiqu'il en soit, les référentiels fondés sur les services ("*Useful Work*" ou charge utile) restent toujours pertinents.

Début 2009, le consortium Green Grid a proposé le concept de *Productivité des centres de données* (*Data-Centre Productivity* ou DCeP) qui relie les services et les charges informatiques à la consommation énergétique [HMPP+09] :  $DCeP = \text{charge utile (services informatiques)} / \text{consommation énergétique totale du centre de données pour fournir ces services}$ . Jusqu'à présent, ce concept n'a été évoqué que d'un point de vue théorique et reste à évaluer en situation pratique. Cependant, la référence bibliographique citée précédemment présente des options intéressantes à explorer pour l'avenir.

## RECOMMANDATIONS PRATIQUES

- L'indicateur PUE devrait être a *minima* pris en compte et mesuré dès lors que l'efficacité des infrastructures est évaluée par rapport aux équipements informatiques. Afin d'évaluer l'efficacité énergétique liée aux services informatiques, les référentiels tenant compte de la charge informatique et des services (kWh par service informatique sur une période de temps définie) doivent également être pris en considération. À cette fin, les nouveaux indicateurs destinés à quantifier la productivité des centres de données offriront sans doute de nouvelles possibilités.
- Le nouveau "Code de conduite européen" relatif à l'efficacité énergétique des centres de données, entre autres aspects, propose une approche pour mener des études comparatives. Dès lors, une adhésion au « Code de conduite » permet une comparaison avec les autres centres de données qui l'utilisent également.
- Chaque secteur d'activité économique a des besoins informatiques spécifiques qui nécessitent des indicateurs appropriés au secteur. En l'absence de référentiel généralement partagé, il peut donc être judicieux de recourir à des critères déterminés au cas par cas pour un contrôle et un suivi interne dans l'attente d'approches internationales harmonisées. De simples concepts comme par exemple les watts par instance (dans le cas de systèmes virtualisés), la puissance électrique appelée durant une batterie de tests dédiés comme le *SAP Standard* (qui sert à mesurer la performance d'un système informatique de gestion SAP), l'énergie électrique ramenée au nombre de transactions traitées par mois (kWh/transactions par mois), peuvent permettre d'évaluer en interne les indicateurs les plus pertinents pour l'entreprise en fonction de son activité.

Dans le cadre des procédures de renouvellement des équipements informatiques, différentes options sont envisageable pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire les coûts, essentiellement via :

- la sélection d'équipements à faible consommation énergétique,
- la consolidation et la virtualisation,
- la prise en compte de dispositifs de gestion de l'énergie.

La consolidation a pour objet d'utiliser de manière plus efficace les serveurs et de faciliter leur gestion. Toute mesure visant à optimiser l'efficacité du système informatique peut dès lors parfaitement se combiner avec la recherche d'une efficacité énergétique améliorée.

Gérer l'énergie implique de ne plus alimenter électriquement les serveurs ou des composants de serveur pendant les périodes de faible charge. La mise en œuvre concrète de ce principe est possible si les applications tolèrent de légers retards en terme de temps de réponse et une légère dégradation de la performance des composants du serveur, et si les fonctions de gestion de l'énergie sont prises en compte par les équipements et les logiciels en termes d'implémentation et de compatibilité. La virtualisation offre de nouvelles possibilités en matière de gestion de l'énergie avec la migration de serveurs virtuels et leur extinction (voir la section 3.4 consacrée à la gestion de l'énergie).

Les sections suivantes détaillent les possibilités offertes par trois types de solutions (les serveurs, les systèmes de stockage, la consolidation-virtualisation) et fournit des recommandations pratiques.

## 3.1 • Serveur à haute efficacité énergétique

Un serveur à haute efficacité énergétique comporte des composants, tels que les blocs d'alimentation, les processeurs, les disques durs, la mémoire et les connecteurs d'extension, eux-mêmes performants d'un point de vue énergétique. À cette fin, des cartes mères pour serveur, plus efficaces que celles des générations précédentes sont également en cours de développement. L'idée générale est de minimiser les pertes liées à la transformation de courant sur la carte mère, pertes induites par l'écart entre la puissance d'entrée (sortie du bloc d'alimentation) et la puissance au niveau de chacun des composants.

Exemples de puissance absorbée  
par différents composants  
(d'après [FAW07])

Tab.3.1

Composant	Puissance max (W)
Processeur	80
Mémoire vive	36
Disques	12
Connecteurs d'extension	50
Carte mère	25
Ventilateurs	10
Alimentation	38

Le tableau 3.1 indique la consommation énergétique approximative de différents composants matériels et montre que processeurs, blocs d'alimentation, mémoire vive et bus de connecteurs d'extension sont ceux qui absorbent le plus de puissance.

Pour prendre en compte l'efficacité énergétique dans les achats, le responsable informatique a besoin d'outils lui permettant d'évaluer l'efficacité énergétique du matériel disponible sur le marché. Pour l'heure, choisir un équipement à faible consommation énergétique reste encore difficile dans la mesure où les normes internationalement reconnues commencent à peine à se développer. Les critères et autres référentiels disponibles à ce jour ne couvrent qu'une partie des aspects relatifs à l'efficacité. La transparence en terme de performance énergétique est encore à établir.

Les deux spécifications internationales disponibles pour le moment sur le sujet des serveurs sont *SPECpower* et *Energy Star*. La première version des critères pour serveurs de l'accord volontaire *Energy Star* sera en vigueur aux Etats-Unis en mai 2009 (et plus tard en Europe) et pourra alors être officiellement utilisée par les fabricants. La section ci-après présente brièvement les objectifs de base recherchés par les spécifications *SPECpower* et *Energy Star*. Les critères proprement dits et leur mise en œuvre seront abordés plus en détail dans les sections suivantes.

## SPEC POWER

Comme mentionné précédemment, le développement de critères relatifs à l'efficacité énergétique des serveurs commence à peine. Des critères sont disponibles depuis de nombreuses années s'agissant de l'efficacité énergétique des PC, des imprimantes, des moniteurs, etc. Mais le développement d'indicateurs et de spécifications pour les serveurs n'a débuté qu'en 2007. En tant que premier indicateur, *SPECpower* a été publié fin 2007 [SP07a]. *SPECpower* propose une approche qui consiste à décrire et à comparer l'efficacité énergétique des serveurs à différents niveaux de charge appliqués par un générateur de charge externe virtuelle. Le profil de charge couvre une plage de 0 à 100% graduée par niveaux de 10% (voir fig. 3.2). En outre, la *puissance active d'attente (active idle power)*, soit la puissance absorbée après démarrage du système et en l'absence de toute transaction, est déterminée.

Pour l'heure, la spécification *SPECpower* se fonde sur un seul et unique profil de charge de travail et reste donc limitée dans ses utilisations. SPEC a déjà annoncé la mise à disposition de davantage de profils de charge de travail d'ici fin 2009 pour permettre une plus large utilisation de cette spécification.

L'utilisation de cette spécification et ses limites actuelles sont présentées dans la section 3.1.3.

## ENERGY STAR

De 2007 à 2009, *Energy Star* a développé un premier ensemble de critères d'efficacité destinés aux serveurs qui sera officiellement adopté en mai 2009 [ES09]. La première version d'*Energy Star* se concentre sur le segment d'entrée de gamme du marché des serveurs, soit des serveurs produits en grande quantité et dotés au maximum de 2 processeurs, et certains critères qualitatifs ont également déjà été définis pour les serveurs plus importants comportant 3 à 4 processeurs. Ainsi, *Energy Star* vise en tout premier lieu le segment du marché le plus important en termes de ventes et de consommation énergétique. Des critères pour les serveurs moyens de gamme seront également développés lors d'une prochaine étape. Un ensemble approfondi de critères sera ainsi disponible à l'automne 2010.

Les critères actuellement finalisés traitent avant tout de l'efficacité énergétique des blocs d'alimentation et de la consommation énergétique en mode d'attente (*idle*). La demande en énergie à différentes charges (critère pertinent notamment pour les systèmes mettant en œuvre la consolidation) sera traitée dans la seconde version de la spécification.

Afin d'exploiter au mieux les gisements d'efficacité énergétique, la consolidation et la virtualisation sont les premiers choix à envisager. Toutefois, *Energy Star* ne fournit pour l'heure aucun critère à ce sujet.

Cependant, de nombreux serveurs fonctionnent encore aujourd'hui dans des systèmes non consolidés à très faibles charges. C'est notamment le cas dans les secteurs où la consolidation n'est pas encore réalisable ou souhaitée pour diverses raisons alors qu'il conviendrait de tenir compte de la consommation énergétique à faibles charges en mode d'attente. À cette fin, la spécification *Energy Star* pour les serveurs dans sa version 1 est un outil intéressant.

Les critères particuliers de la spécification *Energy Star* sont abordés dans les sections suivantes.

### 3.1.2 Efficacité énergétique des alimentations électriques

Les blocs d'alimentation classiques de faible qualité présentent une efficacité énergétique inférieure à 70%, notamment avec une charge partielle de moins de 20% (voir la fig. 3.1). Les nouvelles technologies permettent toutefois d'atteindre des niveaux d'efficacité supérieurs à 80% ou même 90%. Depuis quelque temps déjà, la promotion des blocs d'alimentation à haut rendement pour ordinateurs individuels s'effectue dans le cadre de l'initiative *80plus*. En matière de serveurs, toutefois, cet aspect commence à peine à être abordé.



Représentation schématique de la courbe de rendement des blocs d'alimentation à faible efficacité énergétique

Fig.3.1

Les nouveaux critères d'efficacité proposés par *Energy Star* devant être adoptés en mai 2009 définissent des niveaux minimums d'efficacité pour une charge de 10, 20, 50 et 100% (voir le tableau 3.2). Le niveau 100% n'est que peu pertinent pour une application pratique dans la mesure où les blocs d'alimentation sont toujours dimensionnés pour ne jamais atteindre la puissance maximale en conditions d'exploitation normales. Contrairement à la *80plus-Initiative*, *Energy Star* a défini des conditions minimales pour un niveau de charge de 10% dans la mesure où de nombreux serveurs fonctionnent encore aujourd'hui à de très faibles niveaux de charge.

Puisqu'il est plus facile, pour des raisons technologiques, d'atteindre des valeurs de rendement énergétique plus importantes avec des blocs d'alimentation plus grands, une classification des niveaux de puissance par catégories a été introduite. Afin de ne pas désavantager les petites alimentations, des conditions moins strictes ont été établies pour la catégorie de puissance inférieure à 500W.

Le tableau 3.3 présente les critères minimaux relatifs au facteur de puissance qui ont également été intégrés aux spécifications.

Niveaux de rendement minimum  
pour les blocs d'alimentation



Tab.3.2

Type d'alimentation	Puissance nominale	Niveau de charge			
		10%	20%	50%	100%
Sorties multiples (CA/CC et CC/CC)	Quelle que soit la gamme de puissance	-	82	85	82
Sortie unique (CA/CC ou CC/CC)	$P \leq 500 \text{ W}$	70	82	89	85
	$500 < P \leq 1\,000 \text{ W}$	75	85	89	85
	$P > 1\,000 \text{ W}$	80	88	92	88

Valeurs minimales  
du facteur de puissance



Tab.3.3

Type d'alimentation	Puissance nominale	Niveau de charge			
		10%	20%	50%	100%
CC/CC	Quelle que soit la gamme de puissance	-	-	-	-
Sorties multiples (CA/CC)	Quelle que soit la gamme de puissance	-	0.80	0.90	0.95
Sortie unique (CA/CC)	$P \leq 500 \text{ W}$	-	0.80	0.90	0.95
	$500 < P \leq 1\,000 \text{ W}$	0.65	0.80	0.90	0.95
	$P > 1\,000 \text{ W}$	0.80	0.90	0.90	0.95

Le tableau 3.4 illustre de manière simple comment les blocs d'alimentation à haut rendement énergétique peuvent impacter les coûts énergétiques. Cet exemple a été mené sur des serveurs classiques Intel/AMD à deux processeurs avec une puissance absorbée estimée à 200 W en CC avec une charge de 20%. La période moyenne de fonctionnement est d'environ 5 ans. Pour tenir compte de la consommation énergétique des systèmes de refroidissement et d'alimentation sans interruption (PUE=2, Green Grid [GG07]), un facteur multiplicatif de 2 a été pris. Un tarif de l'électricité moyen pour l'Union Européenne de 0,14 €/kWh a été pris en compte.

Cet exemple permet de comparer des blocs d'alimentation simple et des blocs d'alimentation redondante ayant une consommation énergétique différente. Les niveaux de rendement des modèles les moins performants sont respectivement compris entre 54 et 70%. D'autre part, les blocs d'alimentation de grande qualité affichent des niveaux de rendement compris entre 83 et 86%. Sur la période totale de fonctionnement, ces différences de rendement permettent de réaliser des économies d'énergie de l'ordre de 20 à 30%.

		Alim 1	Alim 2	Alim 3	Alim 4
		Simples		Redondantes	
Puissance fournie en CC (W)	à 20% de charge	200	200	200	200
	à 10% de charge			100	100
Rendement		70%	86%	54%	83%
Puissance absorbée en CA [W]		286	233	370	241
Coût sur 5 ans		€ 3,504	€ 2,852	€ 4,542	€ 2,955
Difference		€ 652		€ 1,587	

Incidence du coût des blocs d'alimentation à haut rendement

Tab.3.4



Dans la mesure où les serveurs fonctionnent généralement avec le moins de temps d'arrêt possible, la consommation et les coûts énergétiques sur 5 ans diffèrent considérablement entre des équipements plus ou moins performants. Dans le cas particulier des blocs d'alimentation redondante, les économies d'énergie peuvent atteindre 50% des coûts d'investissement des serveurs, et ces économies peuvent être plus importantes encore avec des serveurs d'entrée de gamme.

S'agissant de la consommation énergétique, le critère de rendement du bloc d'alimentation à différents points de charge s'avère aussi pertinent que celui de la puissance maximale nécessaire. Le surdimensionnement est un phénomène fréquent qui devrait être évité autant que possible.

## RECOMMANDATIONS PRATIQUES

### PRENDRE EN COMPTE LE LABEL ENERGY STAR

- Pour l'achat de petits serveurs d'entrée de gamme notamment s'ils sont utilisés à faible charge, les produits étiquetés *Energy Star* peuvent être envisagés. L'équipement ainsi étiqueté intégrera des blocs d'alimentation à haut rendement énergétique correspondant aux spécifications susmentionnées. À partir de mai 2009, les serveurs conformes à la spécification *Energy Star* devront être livrés avec la documentation technique des fabricants et des fiches techniques spécifiques concernant la configuration de l'équipement et sa consommation d'énergie. Comme déjà indiqué, *Energy Star* ne concerne que le segment des petits serveurs d'entrée de gamme, et il ne sera pas toujours faisable de préparer un cahier des charges pour les achats de tous les types de serveurs uniquement sur les critères *Energy Star*. Toutefois, dans de nombreux cas, les critères de performance fixés par cette spécification pourront être utilisés comme point de départ pour définir des critères spécifiques d'achat (voir également les points suivants).

### PRENDRE EN COMPTE LES CRITÈRES ENERGY STAR DANS LES OFFRES D'ACHAT

- Les critères d'efficacité relatifs aux blocs d'alimentation définis par *Energy Star* peuvent être utilisés comme point de référence pour les offres d'achat. Cette démarche peut s'avérer utile notamment si un grand nombre d'équipements est commandé, ce qui incite dès lors les fournisseurs à offrir des configurations particulières. Près de 25% des produits disponibles sur le marché respectent les niveaux d'efficacité minimaux définis par *Energy Star*. Si l'accent doit être plus particulièrement mis sur les problèmes d'efficacité énergétique, il est possible de définir des critères plus stricts que ceux fixés par *Energy Star*, par exemple en définissant un niveau qui ne peut être satisfait que par 10% des équipements sur le marché.

### CHOISIR LA TAILLE ET LA CONFIGURATION ADÉQUATE

- La configuration et les options de mise à niveau des équipements de serveur doivent être choisies en fonction des conditions réellement requises dans la pratique. La surcapacité et les options extrêmes de mise à niveau aboutissent toujours à des blocs d'alimentation surdimensionnés et avec un rendement énergétique faible. La puissance maximale nécessaire est en définitive déterminée par le processeur, le nombre de ports d'extension, les disques et la mémoire. Dans la mesure où les disques durs sont normalement extérieurs au serveur dans des unités de stockage distinctes (sauf pour les très petits systèmes), la capacité de stockage du disque du serveur peut être maintenue à un niveau relativement bas.

Pendant le cycle de vie moyen des serveurs d'entrée de gamme (4 à 5 ans), les mises à niveau sont assez rares, sauf pour la mémoire additionnelle. En règle générale, toute mise à niveau a lieu lors du renouvellement du serveur. Les options de mise à niveau bien supérieures à la capacité réellement requise ne sont donc pas nécessaires.

Afin de prendre en compte l'efficacité énergétique, il convient de considérer la consommation énergétique des serveurs à différents niveaux clés de charge. Des critères d'efficacité qui traitent cet aspect ont été développés par les consortiums SPEC et Energy Star et seront présentés plus en détail par la suite. La première génération actuellement disponible de données et de critères de référence est toujours limitée en terme d'applicabilité générale dans la mesure où ces données ont été conçues pour certains types de serveurs et applications. SPEC comme Energy Star travaillent actuellement au développement d'ensembles de critères plus détaillés. Ainsi d'ici 2010 une grande partie des conditions pratiques devrait être couverte et une application plus étendue des critères devrait être possible.

Les sections suivantes présentent les options disponibles pour l'application des critères actuels.

### 3.1.3.1 • Consommation énergétique à différents niveaux de charge

À l'heure actuelle, *SPECpower\_ssj2008* est la seule référence permettant de comparer l'efficacité énergétique des serveurs à différents niveaux de charge.

*SPEC-Power* détermine la demande respective en énergie et en puissance d'un serveur à des niveaux définis de charge simulée, produits par un pilote externe. Le profil de charge couvre une plage de 0 à 100% avec des niveaux de charge gradués par incréments de 10% (voir la fig. 3.2). La puissance active d'attente (*idle*), soit la demande en puissance après démarrage du système mais sans aucune transaction, est déterminée en tant que sous-produit. Toutefois, comme il n'existe aucun descriptif concret concernant la configuration et l'état du système d'exploitation en mode d'attente, les paramètres pour ce mode sont laissés à la discrétion de chaque fabricant et peuvent donc différer d'un industriel à un autre.

L'indicateur se fonde sur la mesure *SPEC jbb2005* qui note la performance d'un système pour des applications Java. *SPECjbb2005* génère ses propres données et tâches en mode d'exécution multi-fils (*multi-threaded*). *SPECjbb2005* réside en mémoire et n'exécute aucune E/S sur les unités disques.

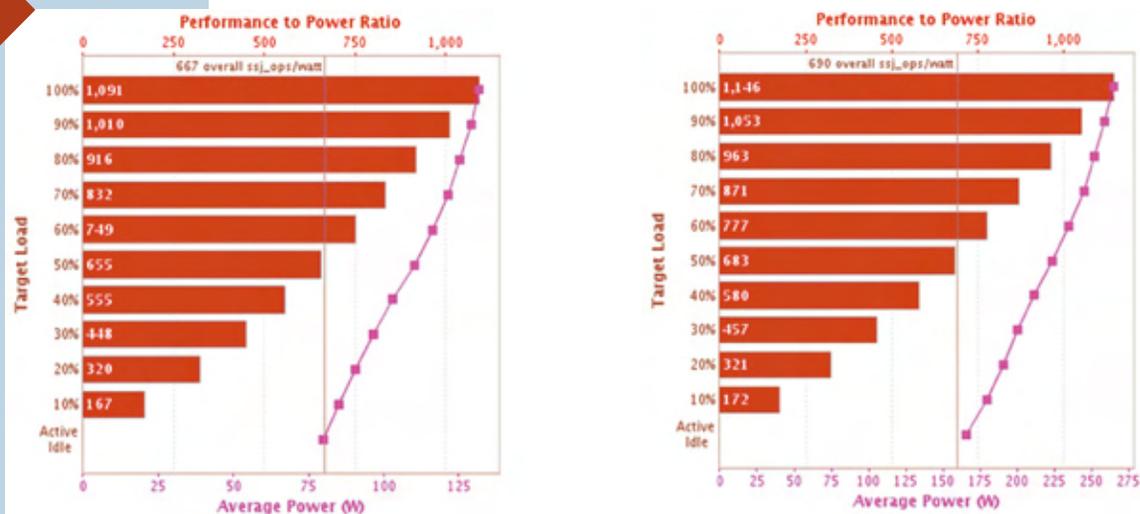
*SPEC* fournit une mesure agrégée de puissance en fonction de la performance ainsi qu'une désagrégation en fonction des niveaux spécifiques de profil de charge.

La majorité des données de *SPECpower* publiées jusqu'ici portent sur des modèles de serveurs basés sur les puces *Intel*. La figure 3.2 illustre un profil *SPECpower* pour deux modèles de serveurs du constructeur Fujitsu Siemens. Les modèles présentés ci-après mettent en œuvre des processeurs quadricoeur :

- PRIMERGY TX150 S6 de Fujitsu Siemens Computers (1 x 2,4 GHz Intel Xeon X3220), 143 ssj\_ops@100%
- PRIMERGY RX300 S4 de Fujitsu Siemens Computers (2 x 2.8 GHz INTEL Xeon E5440), 303 ssj\_ops@100%.

Résultats *SPECpower\_ssj2008*  
pour le FSC TX150\_S6 et le FSX TX300\_S4

Fig.3.2



Les chiffres montrent que les valeurs *SPECpower* relatives au ratio moyen puissance/performance ne sont pas très significatives en tant que telles. Dans ce cas spécifique, cette valeur est très semblable pour les deux modèles de serveur (667 contre 690 *ssj\_ops/watt*). À des fins pratiques, une comparaison détaillée de la performance et de la demande en puissance sur l'ensemble du profil de charge s'avère plus pertinente. Les deux modèles présentent par exemple un écart multiplié par 2 en termes de demande en puissance en mode d'attente (75 W contre 166 W) et de pic de performance (143 *ssj\_ops* contre 303 *ssj\_ops*). Pour les applications à faible performance, le système à support de processeur simple (FSC TX150) serait plus efficace puisqu'il affiche une faible consommation énergétique à faibles charges. Le pic le plus élevé de performance est également associé à une forte consommation énergétique en mode d'attente, lequel ne peut être totalement compensé par exemple par un processeur basse tension à forte efficacité énergétique.

Les résultats *SPECpower* dépendent clairement de la configuration du serveur, comme par exemple le nombre de disques, la mémoire, les blocs d'alimentation, etc. *SPEC* décrit en détail les configurations possibles dans des fiches techniques normalisées (consultables sur le site [www.spec.org/power\\_ssj2008/results](http://www.spec.org/power_ssj2008/results)). Dans la mesure où les modèles de serveur sont souvent testés avec des configurations très dépouillées, la consommation énergétique classique des configurations moyennes sera dans la pratique souvent supérieure. Afin de comparer les modèles de serveurs, il faut prendre en considération leur configuration respective.

Selon l'objectif et le type d'applications, différentes zones des profils *SPECpower* peuvent s'avérer pertinents à étudier. Pour des serveurs qui, pour des raisons particulières, fonctionnent à faibles charges pendant une durée prolongée, les valeurs d'efficacité entre le mode d'attente et 20% de charge sont à retenir. Si les charges peuvent être consolidées, il s'agit d'un objectif fondamental à mettre en œuvre, et l'efficacité à des niveaux de charge supérieurs (par exemple entre 30 et 70%) se révèle ainsi pertinente à étudier.

Pour l'heure, *SPECpower* se fonde sur la seule charge du processeur et ne tient pas compte des processus intensifs d'E/S. *SPEC* précise que toute extrapolation générale des résultats des tests à d'autres types de charges (par exemple, applications intensives en E/S) n'est en aucun cas valide. Toutefois, un ensemble enrichi de données de référence traitant d'autres charges est en cours de développement et devrait être disponible d'ici quelques mois. Cet ensemble de données pourra alors servir également de référence à la seconde version des critères d'*Energy Star* relatifs aux serveurs.

### 3.1.3.2 • Consommation énergétique des serveurs en mode d'attente

Autrefois, de nombreux serveurs étaient généralement soumis à de faibles charges. En l'absence de technologies de consolidation appropriées et du fait de conditions drastiques en matière de stabilité et de sécurité, des applications simples tournaient sur des serveurs individuels, en générant de faibles charges spécifiques.

Aujourd'hui, dans de nombreux secteurs où la consolidation reste impossible pour des raisons particulières (par exemple, serveurs dédiés), les charges demeurent encore assez faibles et les périodes de fonctionnement en mode d'attente peuvent se prolonger. C'est pourquoi *Energy Star* traite le problème de la consommation énergétique en mode d'attente dans son premier ensemble de critères.

Le tableau 3.5 présente la consommation énergétique maximale autorisée en mode d'attente pour les serveurs à 1 ou 2 processeurs selon les nouveaux critères fixés par *Energy Star*. Pour les serveurs à 3 ou 4 processeurs, seuls des critères qualitatifs existent pour l'heure ; les exigences quantitatives seront intégrées dans la version 2 des spécifications. Les quatre catégories de serveurs présentées dans ce tableau diffèrent notamment en terme de nombre de processeurs, de la mise en œuvre éventuelle d'un contrôleur dédié de gestion du serveur (par exemple le *service processor*) et de fonctionnalité optionnelle d'alimentations redondantes.

Les valeurs mentionnées dans le tableau ont été déterminées avec des configurations élémentaires de serveurs comportant une alimentation, 4Go de RAM et un disque dur. Pour toute configuration plus puissante intégrant des disques supplémentaires, de la mémoire en plus grande quantité, des connecteurs d'extension, etc., des ajouts fonctionnels ont été définis en spécifiant l'allocation de puissance supplémentaire nécessaire à ces fonctionnalités (tableau 3.6). Ces ajouts permettent d'indiquer l'augmentation moyenne de la consommation énergétique dès lors que des composants supplémentaires d'équipement sont mis en œuvre.

Contrairement à *SPECpower*, *Energy Star* définit la configuration et la procédure de mesure visant à déterminer la puissance d'attente (*idle*) en détail. Il est également précisé que la puissance d'attente doit être déterminée avec le système d'exploitation normalement utilisé pour le type de serveur analysé.

La configuration et les données spécifiques liées à la consommation énergétique doivent être indiquées par les fabricants dans les fiches techniques du produit (consulter les sites [www.energystar.gov](http://www.energystar.gov), [www.eu-energystar.org](http://www.eu-energystar.org)), ainsi que via toute source d'information en ligne.

Limites relatives à la puissance appelée en mode d'attente (configuration basique : 1 disque dur, 4Go de RAM, 1 bloc d'alimentation, interface réseau Gigabit Ethernet)



**Tab.3.5**

Type de serveur	Limite relative à la puissance appelée en mode d'attente
Catégorie A : Serveur standard à 1 processeur	55 W
Catégorie B : Serveur administrable à 1 processeur	65 W
Catégorie C : Serveur standard à 2 processeurs	100 W
Catégorie D : Serveur administrable à 2 processeurs	150 W

Serveur standard : sans contrôleur de gestion, alimentation simple (non redondante)

Serveur administrable : contrôleur de gestion dédié disponible et installé, option pour une source d'alimentation redondante.

Ajouts fonctionnels pour des composants additionnels d'équipement



**Tab.3.6**

Composant additionnel	Demande de puissance appelée additionnelle autorisée
Nombre d'alimentations > 1	20 W / bloc d'alimentation additionnel
Nombre de disques > 1	8 W / disque additionnel
RAM > 4Go	2 W / Go supplémentaire
Composants d'E/S au delà des 2 ports réseau Gigabit Ethernet intégrés en base	
Ethernet < 1 Gbit/s	Pas d'allocation supplémentaire
Ethernet 1 Gbit/s	2W par port supplémentaire actif
Ethernet > 1 Gbit/s et < 10 Gbit/s	4W par port supplémentaire actif
Ethernet ≥ 10 Gbit/s	8W par port supplémentaire actif

## RECOMMANDATIONS PRATIQUES

### PRENDRE EN COMPTE L'INTÉGRALITÉ DU PROFIL SPEC

- Pour l'achat de serveurs d'entrée de gamme notamment pour des applications ne faisant pas un usage intensif des E/S, *SPECpower* peut être utilisé comme indicateur général de l'efficacité énergétique. Dans de nombreux cas, il convient de prendre en compte le profil *SPECpower* complet, soit la performance et la demande en puissance à différents niveaux de charge. La valeur SPEC moyenne est moins pertinente dans les cas concrets.

### PRENDRE EN COMPTE LA CONFIGURATION DÉTAILLÉE DE L'ÉQUIPEMENT

- Selon la configuration du serveur, les valeurs *SPECpower* seront variables en fonction des composants installés. Les valeurs *SPECpower* publiées étant souvent déterminées avec des configurations assez modestes, dans la pratique il faut s'attendre à une consommation énergétique supérieure sur des configurations moyennes classiques. La configuration de l'équipement testé est détaillée dans les fiches techniques normalisées de SPEC. Cette information doit être prise particulièrement en considération afin d'obtenir des interprétations pertinentes des valeurs.

### TENIR COMPTE DU DOMAINE D'APPLICATION ET DES LIMITES DU RÉFÉRENTIEL

- La version actuelle de *SPECpower* est un indicateur de référence orienté « processeur ». Les résultats *SPECpower* ne doivent donc pas être extrapolés à tous les types d'applications. Les applications intensives en E/S, par exemple, ne sont pas couvertes par le

protocole de SPEC. Il faut donc également en tenir compte pour extrapoler éventuellement au cas pratique étudié. Un ensemble d'indicateurs *SPECpower* plus détaillés, qui tiendra compte d'un plus large spectre matériel et applicatif, a été annoncé pour fin 2009.

### TENIR COMPTE DE LA RARETÉ RELATIVE DES DONNÉES

- Les données *SPECpower* ne sont publiées que pour peu de modèles de serveurs actuellement disponibles sur le marché. En conséquence, il convient de demander les données concernant des modèles spécifiques directement aux fabricants lors des consultations pour achat.

### PRENDRE EN COMPTE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE À DIFFÉRENTS NIVEAUX DE CHARGES

- Selon le domaine d'application du serveur en question et donc de la charge correspondante, il conviendra de prendre en compte différentes parties du profil *SPECpower*. Les niveaux supérieurs de charge sont plus pertinents dans le cadre d'approches de consolidation alors que l'efficacité énergétique à des niveaux de charge inférieurs doit être prise en compte pour les équipements dont les faibles charges et les périodes prolongées en mode d'attente ne peuvent être évitées.

### CONSIDÉRER LA CONSOLIDATION COMME TOUTE PREMIÈRE OPTION

- En cas de faibles charges, l'option consistant à consolider un petit nombre de serveurs devrait être envisagée (voir la section 3.3).

### POUR LES SERVEURS D'ENTRÉE DE GAMME ET LES FAIBLES CHARGES, CHOISIR DU MATÉRIEL ENERGY STAR

- Pour l'achat de serveurs d'entrée de gamme en vue de gérer des applications à faible charge et à mode opératoire d'attente prédominant (lorsqu'aucune consolidation n'est possible ou souhaitée pour quelque raison que ce soit), le groupe de critères établis par *Energy Star* dans sa première version de la spécification pour les serveurs peut se révéler un outil utile dans le choix des équipements.

### POUR LA CONSOLIDATION ET LES FORTES CHARGES, ATTENDRE LES NOUVELLES VERSIONS DES 2 RÉFÉRENTIELS

- Pour choisir des équipements adaptés à des fins de consolidation en cas de fortes charges et pour prendre en compte différents types d'applications ne pouvant être couverts par les outils actuellement disponibles, la nouvelle version de *SPECpower* et la version 2 d'*Energy Star*, référentiels et batteries de critères disponibles courant 2009-2010, seront les instruments les plus pertinents à envisager. Pour de plus amples informations sur les scénarii de consolidation, consulter la section 3.3.

## 3.2 • Solutions de stockage à faible consommation énergétique

La capacité d'un système de stockage ainsi que son utilisation contribuent fortement à la consommation énergétique des systèmes informatiques. Jusqu'à présent, la capacité de stockage et sa consommation d'énergie induite n'ont cessé d'augmenter en raison de plusieurs facteurs essentiels. Le premier de ces facteurs est à rapprocher de la croissance rapide de la densité de stockage des moyens de stockage traditionnels combinée à la réduction des coûts par gigaoctet. Le deuxième facteur est le nombre croissant d'applications informatiques dans les entreprises ainsi que les applications intensives en données qui contribuent à une hausse spectaculaire de la demande en capacité de stockage. Enfin, le troisième facteur réside dans un usage peu économique (par exemple stockage redondant de données) qui ne cesse d'accroître la demande en solutions de stockage. Aujourd'hui, les capacités de stockage usuelles sont de l'ordre de plusieurs téraoctets par système.

La consommation énergétique des composants de stockage dans les centres de données peut représenter entre 30 et 40% du sous-ensemble des équipements informatiques seuls. La consommation énergétique d'un disque dur d'une capacité de plusieurs Go est de l'ordre d'environ 20 W. Dans l'ensemble, les disques durs de plus grande capacité (et plus lents) consomment bien moins d'énergie par Go de stockage. Par exemple, la consolidation de trois disques de 300 Go (10 000 tours/mn) en un disque de 1 To (7 200 tours/mn) permet de réaliser des économies d'énergie de l'ordre de 75%.

Toutefois, l'optimisation des solutions de stockage ne doit pas débiter avec le choix de disques durs spécifiques. En matière d'optimisation et de consolidation des solutions de stockage, il convient en premier lieu de clarifier les conditions de performance requise ainsi que de nombreux autres critères. Dans de nombreux cas, seulement 20%, voire moins, du volume des données stockées sont fréquemment consultés. Il est donc primordial d'évaluer et de classer les capacités de stockage utilisées en fonction du niveau de service requis, lequel comprend le temps de réponse ou la vitesse d'accès, la performance, la sécurité, la confidentialité, les temps d'arrêt, les capacités de récupération des données, etc.

Une part considérable des capacités de stockage (soit 20% ou plus) est souvent bloquée par des données dupliquées (qui ne portent pas le nom de sauvegardes, mais qui en sont de fait), un usage particulièrement inefficace. Une étape importante dans l'amélioration des capacités de stockage consiste donc à procéder à une déduplication (ou factorisation, ou encore stockage d'instance unique). Il est ainsi possible de réduire le volume de ces données dans un rapport pouvant aller de 1 à 30. La déduplication des données permet également de contrôler la cohérence, et facilite l'administration des sauvegardes et l'utilisation des espaces libres sur disque consacrés aux sauvegardes.

Toutefois, la déduplication n'est pas la seule mesure importante à appliquer avant la mise au point de nouveaux concepts de stockage. De nombreuses sociétés conservent un volume considérable de données dans des archives ou même sur des disques qui ne seront jamais réutilisés. Dès lors, un nettoyage rigoureux des données obsolètes s'impose afin d'exploiter toutes les possibilités d'optimisation.

Grâce à une analyse sommaire des espaces de stockage, à une consolidation par déduplication et à la suppression des données inutiles, il est possible d'évaluer et de sélectionner des solutions adaptées aux besoins de base en matière de stockage, d'archivage, etc. La technologie à privilégier doit être choisie en fonction des exigences d'application. Les systèmes de stockage particulièrement performants (à forte consommation énergétique) ne s'avèrent souvent nécessaires que pour une partie relativement modeste du système.

Le tableau 3.7 recense différents types de technologies de stockage ainsi que leurs avantages et inconvénients respectifs. Les réseaux de stockage ou SAN (*Storage Area Network*) et le stockage en réseau ou NAS (*Network Attached Storage*) permettent une utilisation optimisée des capacités de stockage, une gestion réduite des coûts ainsi qu'une sauvegarde et une capacité d'extension simple et rapide par rapport à un stockage à connexion directe ou DAS (*Direct Attached Storage*). Le coût total de possession (TCO) de systèmes SAN et NAS est souvent inférieur de 50% par rapport à celui de systèmes DAS [ML07]. Il a par ailleurs été établi que la majorité des coûts de stockage est imputable à l'administration des systèmes alors que les coûts d'équipement sont souvent inférieurs de 20% [Ga07]. Dès lors, il est facile d'amortir tout investissement supplémentaire en équipement en économisant sur la gestion et l'administration.

Des logiciels spécifiques de gestion des ressources de stockage ou SRM (*Storage Resource Management*) peuvent contribuer à optimiser l'utilisation et l'archivage de l'ordre de 50 à 70%. La gestion des ressources de stockage permet de connaître clairement la capacité de stockage requise ainsi que d'affiner la connaissance de la demande en stockage.

Type de stockage	Avantages	Inconvénients
Stockage à connexion directe DAS	Faible coût d'achat	Peu efficace en terme d'exploitation de la capacité
	Administration simplifiée	Forts coûts d'exploitation
Stockage en réseau NAS	Solution rapide pour postes clients multiples	Faible performance
	Administration simplifiée	
Réseau dédié de stockage SAN	Stockage centralisé à faible coût	Bande passante restreinte
	Option de reprise sur sinistre	
Réseau de stockage SAN avec technologie Fibre Channel	Performance élevée et stockage centralisé disponible	Forts coût d'achat
	Option de reprise sur sinistre	Administration plus complexe

Types de stockage ainsi que leurs avantages et inconvénients respectifs

Tab.3.7



Stocker les données moins fréquemment utilisées sur bande constitue un point stratégique majeur en vue d'optimiser la consommation énergétique. La plupart des entreprises conservent de grandes quantités de données sur disque pour qu'elles restent accessibles. Or, ce procédé exige une forte extension régulière de la capacité des disques, complètement inutile.

Les MAIDs (*massive arrays of idle disks* ou matrices massives de disques en attente) constituent une autre option d'archivage à faible consommation énergétique. Les disques rarement utilisés peuvent ainsi être mis hors tension. Est désigné par MAID toute matrice de disques permettant d'exploiter des disques individuels de manière énergétiquement efficace. Ce procédé consiste à parquer la tête de lecture ou à réduire la vitesse de rotation des disques. Les solutions de type MAID s'appliquent dans des domaines où les données ne sont que rarement consultées. Il s'agit par exemple des bibliothèques à bandes virtuelles et des systèmes d'archivage.

Afin de prévenir tout problème potentiel dû à la rare activation des disques, ceux-ci sont activés de manière occasionnelle sur la base d'un mécanisme de suivi et de contrôle.

## RECOMMANDATIONS PRATIQUES

Les recommandations suivantes doivent être prises en compte pour tout processus de renouvellement informatique ainsi que pour la conception et l'achat de nouvelles solutions de stockage :

- analyser l'usage actuel des solutions de stockage de l'entreprise est un prérequis essentiel ; segmenter les données en différentes catégories (fréquemment utilisées, données redondantes, données rarement consultées, données inutilisées, etc.) ;
- réduire le volume des données par déduplication et supprimer les données anciennes inutiles ;
- sélectionner des systèmes adaptés à la situation de l'entreprise en tenant compte des solutions de type NAS, SAN, DAS ainsi que des sauvegardes sur bande, etc ; prendre en considération le TCO ainsi que la consommation énergétique et les coûts ;
- recourir à un faible nombre de disques à grande capacité et des disques plus lents (7 200, 10 000 tours/mn) ;
- stocker les données les moins fréquemment utilisées et les sauvegarder sur bande.

## 3.3. Consolidation et virtualisation

3

Aujourd'hui, la consolidation des équipements pour serveurs est souvent assimilée au concept de virtualisation. Toutefois, la virtualisation n'est pas la seule approche permettant de consolider les équipements. Par exemple, il est très souvent possible d'éteindre des capacités de serveurs inutilisées sans perte de services.

C'est pourquoi il est toujours recommandé d'analyser l'ensemble des équipements de l'entreprise en fonction du niveau d'utilisation qui en est fait (processeurs, disques durs, réseau). L'identification des serveurs pouvant être facilement mis hors tension sans aucune perte est facilitée par cette analyse.

Sur la base du degré d'utilisation des serveurs, il est possible d'évaluer la capacité réellement requise pour maintenir le niveau de service nécessaire ainsi qu'une certaine flexibilité en termes de performance et de demande. Cette évaluation sert de base à la concentration des applications dans les projets de consolidation.

Les projets de virtualisation et de consolidation sont rarement menés dans le seul but d'optimiser la consommation énergétique. Ils ont généralement pour objet majeur d'améliorer l'utilisation des capacités et d'optimiser la gestion des services afin de réduire les infrastructures et les coûts d'administration.

La consolidation et la virtualisation présentent donc de nombreux avantages qui méritent d'être pris en considération et évalués dans l'analyse globale d'un projet.

Auparavant, notamment avec les systèmes *Wintel*, un serveur par application était installé afin de garantir la stabilité et la performance du système. Grâce à la technologie moderne et au concept de virtualisation, l'exploitation en parallèle de plusieurs applications sur un seul serveur est désormais possible sans aucun souci. Le principe de virtualisation s'applique aujourd'hui à des applications très diverses comme les bases de données, les systèmes à haute performance ainsi que les applications de bureau.

Les économies d'énergie réalisables grâce à la virtualisation sont de l'ordre de plus de 70% à 80%. Les économies réelles imputables aux projets de virtualisation dépendent du degré de virtualisation ainsi que du niveau de déploiement des nouvelles applications et fonctionnalités. La consolidation va souvent de pair avec des extensions et des mises à niveau qui compensent partiellement les économies d'énergie.

Un effet indésirable de la virtualisation pouvant générer certaines inefficiences dans le temps réside en fait dans la façon très simple et très rapide dont les nouvelles occurrences de serveurs virtuels peuvent être déployées. Il existe donc le risque éventuel d'assister à une croissance rapide du nombre de serveurs virtuels, laquelle génère à son tour une forte demande en ressources. Une planification et une gestion soigneuses sont donc essentielles afin d'éviter tout effet indésirable.

Des solutions logicielles permettant d'évaluer la rentabilité des processus de consolidation sont en outre désormais disponibles. Outre l'analyse du TCO et du RSI (retour sur investissement), de tels outils (par exemple le *Data Center Intelligence Software* de CIRBA) permettent également d'aborder les aspects liés la consommation et aux coûts énergétiques. Cependant, ces solutions logicielles sont souvent onéreuses (à titre d'exemple, pour 100 occurrences de serveur, il faut prévoir un coût annuel de 25 000 €).

En règle générale, une évaluation détaillée des coûts comprenant les coûts énergétiques doit être intégrée à tout processus d'achat.

Les projets de consolidation et de virtualisation permettent d'optimiser la consommation énergétique de manière significative ainsi que la gestion des ressources informatiques. Comme déjà mentionné, il est primordial de vérifier si les options de consolidation ont été prises en considération à chaque fois qu'un renouvellement substantiel de matériel est prévu.

Afin de gérer au mieux les opportunités d'économies, il convient en premier lieu de procéder à un inventaire des services informatiques utilisés dans l'entreprise. Une classification des services en services vitaux, services de production, etc. sera généralement réalisée et servira de base à l'élaboration d'une approche de consolidation. En ce qui concerne les services vitaux, une protection maximale et un temps d'arrêt minimal constituent des éléments primordiaux et clairement plus importants que le degré d'utilisation et la consommation énergétique. En conséquence, ces applications ne sont pas candidates à une quelconque consolidation.

La première étape du processus de planification consiste à inventorier les ressources informatiques ainsi que les charges des applications. Plusieurs types d'informations s'avèrent utiles dans ce contexte :

- les services informatiques fournis / les applications actives,
- la fiabilité du serveur,
- les conditions relatives au niveau de service et à la protection,
- le site physique du serveur,
- la charge informatique type,
- des informations techniques telles que :
  - le modèle,
  - le type de processeurs et les spécifications détaillées (interfaces de connexion, fréquence d'horloge, mémoire cache),
  - les spécifications relatives à la mémoire (taille, modules),
  - les spécifications de stockage,
  - le système d'exploitation,
  - les composants réseau (nombre et vitesse des ports).

Ce type d'informations doit être collecté pour l'ensemble des équipements informatiques concernés. Certains aspects peuvent limiter les options de consolidation et de virtualisation dans des conditions particulières comme par exemple :

- des charges particulièrement variables et imprévisibles,
- des conditions strictes en matière de sécurité et de confidentialité,

## 3.3.2 Préparation élémentaire des projets de consolidation et de virtualisation

- des incompatibilités techniques ou des problèmes éventuels au niveau des équipements et des logiciels en terme de virtualisation, etc.

L'étape suivante du processus de planification consiste à évaluer la puissance de calcul informatique nécessaire pour couvrir les services déjà déployés ou les nouveaux services. Il suffit pour ce faire de multiplier le plus souvent la capacité de calcul disponible par les charges habituellement supportées : nombre de processeurs x nombre de cœurs/processeur x fréquence maximale x pourcentage d'utilisation maximale.

Selon une large étude sur la planification des capacités [GG09], la demande en calcul typique d'un serveur varie approximativement entre 250 et 600 MHz, d'une faible charge à un pic de charge. Ainsi, un serveur moderne quadri-cœur tournant à 3,2 GHz fournira une puissance de calcul maximale de 12,8 GHz. En supposant que la demande en calcul informatique n'excède pas 50% de la capacité maximale (c'est-à-dire 6,4 GHz), près de 10 charges sur les charges classiques telles que susmentionnées pourraient être consolidées sur un serveur.

Les exigences de mémoire doivent également être évaluées pour le nouveau système consolidé. Un système consolidé classique doté par exemple de 10 serveurs virtuels peut normalement fonctionner aisément avec 16 Go de RAM. L'utilisation de la mémoire est généralement de l'ordre de 40 à 50%.

La performance d'une interface réseau ne constitue pas réellement un facteur décisif dans ce contexte dans la mesure où les taux d'utilisation réelle sont souvent très faibles (<1%) et donc, même des ratios de consolidation très élevés ne posent aucun problème par rapport à ce critère.

Dans la pratique, des ratios de consolidation de l'ordre de 10 à 15 ne posent pas problème et restent fiables pour de nombreux domaines et pour la plupart des applications.

Une analyse plus détaillée des charges sur les serveurs à consolider permet d'évaluer les différents modèles de charges habituelles et d'optimiser les combinaisons et la consolidation de charges complémentaires (en combinant des charges atteignant leurs pics et leur creux à différents moments du jour ou de la semaine). Afin d'obtenir un modèle de charge statistiquement détaillé, il convient de procéder à un échantillonnage sur une semaine, week-end inclus. Dans certains cas, un échantillonnage sur un mois peut fournir des informations complémentaires utiles sur les charges variables le cas échéant. Un échantillonnage au pas de temps de la minute suffit en général. Des outils peu coûteux permettent d'enregistrer les données toutes les minutes sur une semaine voire sur un mois.

Dans tous les cas, les niveaux d'utilisation cible ainsi que le niveau de service de la solution consolidée doivent être définis. Un niveau d'utilisation de 50% ou plus peut être possible dans de nombreux domaines.

Quant à la disponibilité, la redondance peut s'avérer un problème majeur. Dans la mesure où la consolidation et la virtualisation augmentent également le risque d'affecter un nombre plus important de services en cas de panne, il convient de déployer des concepts de redondance appropriés pour en garantir la disponibilité.

## RECOMMANDATIONS PRATIQUES

En cas de renouvellement et d'achat d'équipements, les points suivants sont généralement recommandés pour évaluer les options de consolidation et de virtualisation :

- en règle générale, envisager la consolidation et la virtualisation comme une option de base pour optimiser l'efficacité énergétique à plusieurs niveaux (gestion, infrastructures, consommation énergétique, etc.) ;
- évaluer et classer les serveurs et les applications selon des critères centraux permettant d'évaluer les approches de consolidation/virtualisation :
  - ▶ applications vitales, applications de production, etc.,
  - ▶ confidentialité, sécurité,
  - ▶ variabilité des charges et degré d'utilisation,
  - ▶ limites techniques au niveau des équipements ou des logiciels, etc. ;
- contrôler et évaluer les profils de charges sur au moins une semaine comme référence pour une consolidation optimisée des charges.
- choisir les serveurs/applications à consolider/virtualiser pour lesquels aucun risque ni aucune condition spécifique ne sont signalés ; dès les premières étapes, il convient de privilégier des serveurs à faible niveau de service et de forts ratios de consolidation ;
- définir les niveaux d'utilisation pour le nouveau système ainsi que le ratio de consolidation (25%, 50%, 10:1, 15:1, etc.) ;
- évaluer la demande en puissance de calcul ainsi que la mémoire, etc., comme mentionné plus haut (évaluation grossière basée sur les MHz et les Go) ;
- prendre en compte les exigences en matière de niveau de service et élaborer des mesures appropriées en termes de redondance et de sécurité ;
- évaluer et contrôler les améliorations d'efficacité avant et après la consolidation (réduction du système de refroidissement, réduction de l'espace, réduction de la consommation énergétique, consolidation des charges, etc.).

## 3.4. • Prise en compte de la gestion de l'énergie dans les achats

La gestion de l'énergie des serveurs peut être mise en œuvre à plusieurs niveaux. Tout d'abord, les composants d'équipement offrent des fonctions d'économie d'énergie comme le réglage de la fréquence et de la tension du processeur, et la gestion de l'énergie des disques. En outre, il est également possible de gérer l'énergie sur demande pour des unités complètes de serveurs.

Auparavant, contrairement aux PC et aux ordinateurs portables, les modes veille et de faible consommation énergétique des serveurs étaient souvent non désirés dans la mesure où aucun délai de réactivation n'était toléré. Toutefois, dans la pratique, il existe de nombreuses applications pour lesquelles un temps de réponse sans aucun retard n'est pas réellement exigé. De nombreuses entreprises exploitent un grand nombre de serveurs sur lesquels de petits délais de réactivation ne sont pas problématiques, ce qui justifie aisément le recours à la gestion de l'énergie pour exploiter les gisements d'économies. La mise en veille ou même l'arrêt des serveurs doit être possible pour de nombreux services dans les petites et moyennes entreprises, notamment la nuit et les week-ends.

Il existe pour les serveurs virtuels une nouvelle option permettant de faire migrer des occurrences virtuelles pendant les creux de charge et de mettre temporairement hors tension certains serveurs physiques. Ce système permet également de réaliser d'importantes économies d'énergie pendant les week-ends ainsi que la nuit. Ce concept est plus amplement détaillé ci-après.

Selon les données des principaux fabricants, de nombreux processeurs utilisés aujourd'hui dans les serveurs incluent un mode de gestion d'énergie (processeurs optimisés, à gestion d'énergie, utilisant la technologie *Speed Step*, etc.).

### 3.4.2 La gestion de l'énergie par composant

Toutefois, le fonctionnement idoine du système de gestion de l'énergie ne dépend pas toujours du seul processeur et des disques, mais également du *chipset* de la carte mère et du système d'exploitation. Il est donc primordial de prendre en compte ces aspects à l'achat et de veiller à ce que les équipements et les logiciels livrés soient proposés dans une configuration qui permette de bénéficier d'économies d'énergie. Il convient donc d'exiger dans les marchés que soient garantis le type d'options de gestion d'énergie attendu, la configuration adéquate et la compatibilité des composants matériels et logiciels correspondants.

Les nouvelles exigences du programme *Energy Star* pour les serveurs imposent de manière explicite que les options de gestion de l'énergie soient mentionnées dans la documentation technique des produits et que ces fonctions de gestion de l'énergie soient activées par défaut dès la livraison de l'équipement. Toutefois, cette exigence n'est pour l'heure imposée que pour les serveurs d'entrée de gamme à 3 et 4 processeurs et non pour les serveurs plus petits ou plus grands.

Les systèmes doivent être livrés avec la gestion de l'énergie activée dans le BIOS (*Basic Input/Output System*) et/ou le BMC (*Baseboard Management Controller*) ou le contrôleur de gestion du serveur. Tous les systèmes livrés avec un dispositif de supervision préinstallé (au niveau du système d'exploitation ou au niveau de l'hyperviseur du serveur physique dans le cas de serveurs virtuels) doivent également avoir cette fonctionnalité activée par défaut. Afin de satisfaire à cette exigence, tous les processeurs doivent être capables de réduire leur consommation de puissance en période de faible utilisation soit :

- en réduisant la tension et/ou la fréquence via le réglage dynamique de la tension et de la fréquence (DVFS pour *dynamic voltage and frequency scaling*), soit
- en utilisant des états de puissance réduits du processeur ou du cœur (dans le cas de processeurs multi-cœurs) lorsqu'un processeur ou un cœur n'est pas utilisé.

À l'instar de tous les serveurs informatiques concernés par cette spécification, les partenaires *Energy Star* sont tenus de mentionner toutes les techniques de gestion d'énergie mises en œuvre dans une fiche descriptive spécifique sur l'énergie et la performance. Les serveurs doubles (*double node*) avec trois ou quatre interfaces de connexion de processeurs doivent également respecter cette exigence.

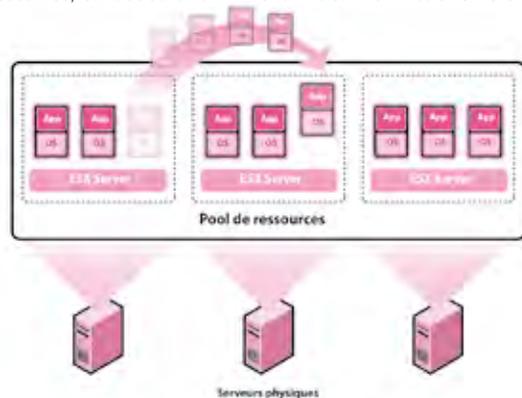
À l'avenir, la gestion de l'énergie des disques durs se révélera moins pertinente au niveau des serveurs mais sera traitée de manière plus efficace au niveau des unités de stockage (SAN). La gestion de l'énergie de la mémoire fait actuellement l'objet de recherches intensives mais n'est pas encore satisfaisante ni opérationnelle dans la pratique.

### 3.4.3 La gestion de l'énergie au niveau du serveur



Les techniques de virtualisation offrent de nouvelles options pour la gestion de l'énergie au niveau du serveur qui sont brièvement décrites par la suite. Les exemples exposés ici se fondent sur les fonctionnalités de système ESX 3.5 de VMware.

Pour exploiter une grappe d'au moins deux serveurs, il est possible de procéder à une réallocation dynamique des ressources et à une distribution des charges au-delà des limites imposées par les ressources d'un seul équipement. À cette fin, il convient de définir des groupes de ressources logiques. Grâce au DRS (*Distributed Resource Scheduler*) programmeur de ressources distribuées, la charge de ces groupes de ressources sera surveillée en continu et partagée entre toutes les machines virtuelles de la grappe de serveurs en fonction des ressources disponibles et d'un ensemble de règles prédéfinies reflétant les besoins et les priorités de l'entreprise. Dès que la charge du système virtualisé augmente, le système alloue automatiquement les ressources supplémentaires nécessaires, en basculant *in fine* la machine virtuelle vers un autre serveur au sein du groupe de ressources.



**P**incipe du service d'infrastructure virtuelle DRS déplaçant des machines virtuelles au sein d'une grappe composée de 3 serveurs physiques. (source VM ware)

**Fig.3.3**



Il est possible d'optimiser la consommation énergétique d'un groupe de ressources avec la fonctionnalité DPM de gestion de l'énergie distribuée (*Distributed Power Management*) qui permet de consolider les charges sur un ensemble restreint de serveurs en périodes creuses et de mettre en veille les serveurs physiques inactifs. Bien qu'encore expérimentale sur *ESX 3.5*, cette nouvelle fonction de *VMware Distributed Resource Scheduling* fournit des recommandations pour, voire peut piloter, l'arrêt ou l'allumage des serveurs physiques en fonction des ressources appelées par les machines virtuelles, des ressources disponibles du serveur et des ensembles prédéfinis de règles décrivant l'usage possible des excédents de capacité sur le serveur pour les applications spécialisées comme les serveurs web.

Si la demande globale en ressources, y compris le surcroît de capacité prédéfini de toutes les machines virtuelles d'une grappe, est largement inférieure aux ressources disponibles de tous les serveurs physiques en marche, les serveurs sont directement mis en veille ou des recommandations appropriées sont données selon que le mode automatique ou manuel du DPM est activé ou non.

Lorsque les besoins en ressources des machines virtuelles d'une grappe augmentent, le DPM remet les serveurs physiques en ligne à l'aide de la fonctionnalité *Wake On LAN* des serveurs, ou fournit des recommandations appropriées lorsque le mode automatique n'est pas activé.

Le choix d'éteindre ou d'allumer les serveurs physiques doit se fonder sur des historiques de charges d'au moins 1 à 2 heures pour une mise en veille et de 5 à 15 minutes pour la fonction *Wake on LAN*, afin d'éviter de changer constamment le nombre de serveurs actifs uniquement à cause de variations de charges à court terme. Il est fortement recommandé de procéder à certains tests pour le réglage de ces paramètres et fonctions ainsi que sur la fonctionnalité *Wake On LAN* (qui exige également certains paramétrages particuliers sur les dispositifs d'infrastructure du réseau) afin de répondre au mieux aux besoins de l'organisation.

Selon les règles particulières de haute disponibilité d'une entreprise, des règles complémentaires d'affinité devront être définies afin de fournir, en amont, certaines machines virtuelles sur certains serveurs physiques si ceux-ci exigent un équipement particulier et, en aval, au moins deux serveurs physiques toujours en ligne, afin de permettre à la fonction de haute disponibilité (*VMware High Availability*) de lancer en définitive une machine virtuelle sur l'autre serveur si un serveur physique venait à tomber en panne.

Selon des estimations prudentes, des économies d'énergie de près de 200 EUR par an et par système virtualisé peuvent être réalisées grâce à la fonction DPM, ainsi que des économies supplémentaires sur les consommations d'énergie des infrastructures comme la climatisation. En outre, d'importantes économies peuvent être attendues de la virtualisation grâce à une administration simplifiée des correctifs logiciels, le déploiement facilité de nouveaux services, les essais avant mise en production, la gestion de modèles, etc., ainsi que la diminution des temps d'arrêt planifiés et non planifiés des systèmes.

À l'avenir des outils seront sans doute développés permettant de calculer les effets dus aux changements de système, comme les mises à niveau de solutions de stockage, les mises à niveau de la mémoire, l'ajout de serveurs physiques, etc. et aux variations importantes de charges sur la consommation énergétique globale du système, y compris l'énergie supplémentaire nécessaire au niveau des infrastructures comme le système de refroidissement.

## RECOMMANDATIONS PRATIQUES

Les aspects suivants relatifs à la gestion d'énergie doivent être pris en considération dans le processus d'achat de nouveaux équipements :

- Toujours demander aux fabricants d'intégrer dans la documentation technique de l'équipement les informations portant sur les fonctionnalités de gestion d'énergie au niveau des composants d'équipement. Sauf raisons techniques particulières, il convient d'exiger que la gestion d'énergie au niveau des composants (processeurs notamment) soit correctement mise en œuvre (en ce qui concerne le BIOS, le système d'exploitation et les autres composants de l'équipement) et puisse être facilement activée le cas échéant.
- Pour les serveurs d'entrée de gamme avec 3 et 4 processeurs, le label *Energy Star* précise que la gestion de l'énergie de l'équipement au niveau du processeur doit être disponible et activée par défaut.
- Le déploiement effectif de la gestion de l'énergie dans le cas de la virtualisation (fonctions d'infrastructure virtuelle de *VMware*, *Distributed Resource Management*, et *Distributed Power Management*) peut être envisagé en utilisant au moins 3 serveurs physiques dans un environnement virtuel en grappe, compte tenu du fait que la mise hors tension d'un serveur physique laisse la grappe de serveurs dans un état où les autres fonctionnalités comme le *VMware High Availability* restent toujours opérationnelles et où tous les services nécessaires à la remise en ligne du troisième serveur fonctionnent dans un environnement sécurisé. Dans la mesure où les services *VMware DPM* dépendent du système d'infrastructure virtuelle et exigent au moins 3 serveurs physiques ainsi qu'une solution de stockage pour l'exploitation raisonnable de la grappe, cette configuration ne s'adresse qu'aux grandes entreprises qui utilisent au moins 30 systèmes virtualisés ou plus. Etant donné que la gestion d'énergie est encore considérée comme expérimentale sur le serveur *VMware ESX3.5* et nécessite certains essais visant à déterminer les paramétrages adéquats, et compte tenu du coût d'acquisition de ces solutions, la gestion de l'énergie au niveau des systèmes de virtualisation ne sera vraisemblablement que rarement mise en œuvre dans les petites et moyennes entreprises.

## INFRASTRUCTURES DES CENTRES DE DONNÉES : LA CLIMATISATION

La climatisation dans les centres de données et les locaux de serveurs présente des besoins en énergie significatifs et génère également des coûts importants. Une mauvaise conception, des décisions d'investissement inadéquates, ou une gestion non optimisée, peuvent entraîner des pertes d'efficacité et dès lors d'importants coûts d'exploitation. D'après une analyse en situation pratique, les facteurs d'inefficacité suivants semblent être très courants en matière de refroidissement dans les centres de données :

- mise en court-circuit d'air (by-pass) et mélange d'air chaud et froid,
- température requise de local de serveurs inappropriée,
- dalles de ventilation au sol mal distribuées,
- cassettes de climatisation mal situées,
- air bloqué à cause des tuyaux et des câbles,
- hauteur de plafond sous-dimensionnée ou plenum de retour d'air chaud en faux-plafond trop élevé,
- ouvertures dans les armoires racks propices aux courts-circuits d'air,
- faible flux d'air compte tenu de la structure des racks,
- mauvais emplacement de l'équipement informatique,
- pressurisation sous plancher inadaptée.

Le choix de la température de consigne dans un local de serveurs influence directement la consommation énergétique du système de refroidissement. Ce principe se vérifie en général pour les compresseurs frigorifiques : une hausse de la température dans l'évaporateur de 1 K induit des économies d'énergie de 3 à 4 %. À l'inverse, diminuer la température dans le condenseur de 1 K permet de réaliser des économies de l'ordre de 1 à 2 %.

La première règle fait référence à la température d'aspiration du flux d'air froid dans un local de serveurs alors que la seconde souligne la nécessité de choisir un site aussi frais que possible pour l'échangeur de chaleur rejetée par le condenseur externe.

L'ASHRAE<sup>2</sup> a publié des recommandations concernant la température dans les centres de données de Catégorie 1 en étendant la plage existante comprise entre 20 et 25 °C à une nouvelle plage de 18 à 27 °C en juin 2008 (voir le Table 4.1) [PBJJ+09].

### 4.1 • Présentation générale

### 4.2 • Température optimale dans les locaux de serveurs

Catégorie	Température sèche autorisée [°C]	Température sèche recommandée [°C]	Humidité relative autorisée [%]	Humidité relative recommandée [%]
1	15 - 32	18 - 27	20 - 80	Point de rosée entre 5,5 °C et 15 °C pour 60% d'humidité relative
2	10 - 35	20 - 25	20 - 80	40 - 60
3	5 - 35	NA	8 - 80	NA
4	5 - 40	NA	8 - 80	NA

Spécifications actualisées de l'ASHRAE relatives à la température et à l'humidité dans les centres de données

Tab.4.1

L'ASHRAE distingue les environnements selon les catégories suivantes (Source : ASHRAE-D-94037-20080606) :

- Catégorie 1 - Désigne généralement une installation de communication de données aux paramètres environnementaux strictement contrôlés (point de rosée, température et humidité relative) et pour des opérations vitales. Les types de produits spécifiquement conçus pour cet environnement englobent les serveurs d'entreprise et les solutions de stockage.
- Catégorie 2 - Désigne généralement un espace, un bureau ou un laboratoire dédié aux communications de données dont certains paramètres environnementaux sont contrôlés (point de rosée, température et humidité relative). Les types de produits spécifiquement conçus pour cet environnement englobent les petits serveurs, les solutions de stockage, les ordinateurs personnels et les stations de travail.
- Catégorie 3 - Désigne généralement un bureau, un domicile ou un environnement transportable dont peu de paramètres environnementaux sont contrôlés (température uniquement). Les types de produits spécifiquement conçus pour cet environnement englobent les ordinateurs personnels, les stations de travail, les ordinateurs portables et les imprimantes.
- Catégorie 4 - Désigne généralement le point de vente d'un petit site industriel ou d'une petite usine avec protection climatique, chauffage hivernal et ventilation basiques. Les types de produits spécifiquement conçus pour cet environnement englobent le matériel de point de vente, les contrôleurs ou ordinateurs tout-terrain et les assistants numériques personnels (PDA).

Toutefois, toute hausse de température dans le local de serveurs entraîne une demande énergétique plus forte au niveau des ventilateurs des serveurs pour suffisamment refroidir l'équipement informatique. Cette part de consommation énergétique due au surcroît d'activité des ventilateurs ne doit en aucun cas être négligée. L'expérience prouve qu'une température située entre 24 et 26 °C s'avère un choix idéal en terme de consommation énergétique globale pour le refroidissement et la ventilation.

<sup>2</sup> ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

## RECOMMANDATIONS PRATIQUES

- Choisir la meilleure plage thermique possible en évitant tout risque de point chaud indésirable.

Il est recommandé d'augmenter la température d'entrée du flux d'air de manière progressive sur la base des recommandations de l'ASHRAE. Pour ce faire, il convient de surveiller en continu la consommation énergétique en termes de besoins en air conditionné et de surconsommation des serveurs engendrée par une augmentation de vitesse des ventilateurs.

### 4.3 • Systèmes de climatisation adaptés aux centres de données

#### 4.3.1 Une technologie à haut rendement comme élément clé

Les systèmes de climatisation centrale composés de compresseurs frigorifiques et de circuits d'eau de refroidissement (pompes à chaleur) font très souvent office de solution de conditionnement d'air dans les centres de données et les locaux de serveurs.

Une bonne planification par des spécialistes expérimentés s'avère d'autant plus primordiale que les systèmes de climatisation, contrairement aux équipements informatiques, sont censés fonctionner pendant une longue période (10 à 15 ans). Toute mesure de remise en état visant à améliorer l'efficacité énergétique du système de climatisation installé peut se révéler particulièrement onéreuse après coup.

En terme d'efficacité énergétique, des climatiseurs à condenseur à eau sont préférables à des dispositifs à condenseur à air.

L'efficacité des pompes à chaleur peut être mesurée à l'aide de l'indicateur clé "COP" (Coefficient de performance) qui détermine le ratio entre la capacité thermique et la puissance (électrique) absorbée. Le COP est généralement utilisé pour mesurer la performance de pompes à chaleur mises en œuvre comme systèmes de chauffage. Pour les systèmes de refroidissement, on utilise le coefficient d'efficacité frigorifique (EER) similaire au COP dans sa définition :

$$EER = Q / P$$

Avec :

- Q, la capacité de réfrigération en [kW], et
- P, la puissance absorbée en [kW].

Eurovent<sup>3</sup> a classé les systèmes à compresseurs à eau<sup>4</sup> (ou groupes de production d'eau glacée dans la terminologie Eurovent) en catégories pour permettre de choisir la technologie présentant la plus faible consommation énergétique dans chaque plage de puissance.

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

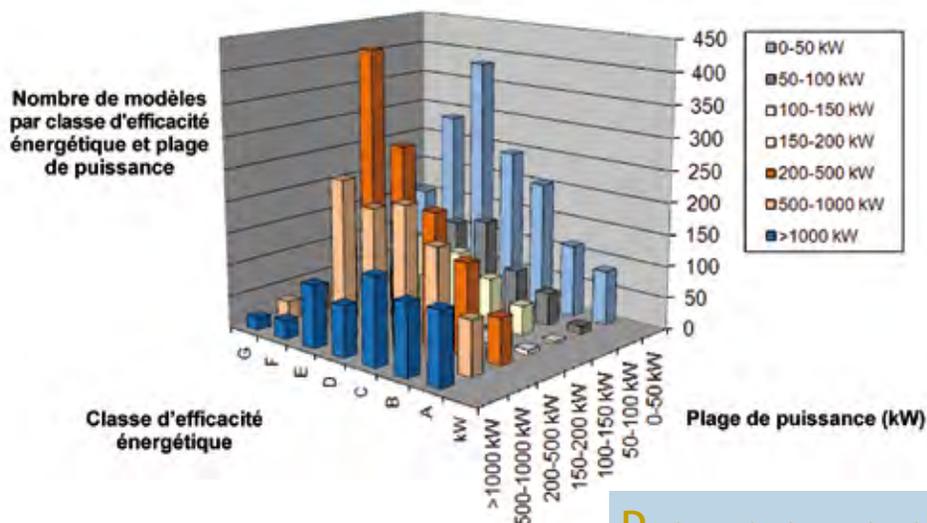
<sup>2</sup> voir : [http://www.eurovent-certification.com/fr/Programmes\\_de\\_Certification/Description\\_des\\_Programmes.php?lg=fr&rub=03&sub=01&select\\_prog=LCP](http://www.eurovent-certification.com/fr/Programmes_de_Certification/Description_des_Programmes.php?lg=fr&rub=03&sub=01&select_prog=LCP)

<sup>3</sup>LCP (liquid chilling package, groupe de production d'eau glacée) selon la terminologie Eurovent-Certification : appareil assemblé en usine prévu pour refroidir des liquides composé d'un compresseur, d'un évaporateur et d'un condenseur ainsi que les nécessaires organes de contrôle.

Classes d'efficacité énergétique pour les groupes à production d'eau glacée

Tab.4.2

Le graphique ci-contre illustre la part occupée par chacune des classes d'efficacité énergétique en fonction des différentes plages de puissance d'après la base de données Eurovent pour les systèmes à compresseurs à eau en 2005. On voit que, suivant cette classification, il existe des machines sur le marché pour chaque capacité de réfrigération recherchée dans une large gamme d'EER. Il est donc évident qu'un bon choix engendrera de faibles coûts d'exploitation.



Distribution de chacune des classes d'efficacité énergétique en fonction des différentes plages de puissance d'après la base de données Eurovent pour les groupes à production d'eau glacée en 2005

Fig.4.1

### 4.3.2 Concepts relatifs aux options de refroidissement et d'aménagement

#### APPROCHE CONVENTIONNELLE

Il est encore assez courant de ne pas prendre de mesure spécifique pour optimiser la température et la circulation de l'air. Malheureusement, ce concept ne permet d'atteindre que des niveaux limités en termes d'efficacité énergétique. La pose au sol sans aucun contrôle de dalles perforées de ventilation n'importe où dans un local fait que l'air frais injecté se mélange au retour d'air, ce qui engendre une reprise d'air non contrôlée. Dans des circonstances défavorables, l'air déjà chauffé est aspiré par un équipement contigu, ce qui peut entraîner une surchauffe de l'équipement en question.

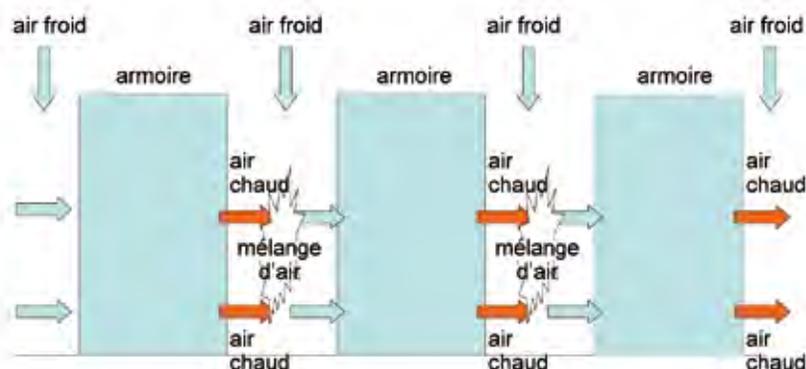


Fig.4.2

Local de serveurs doté d'une climatisation simple avec des serveurs disposés en rangées

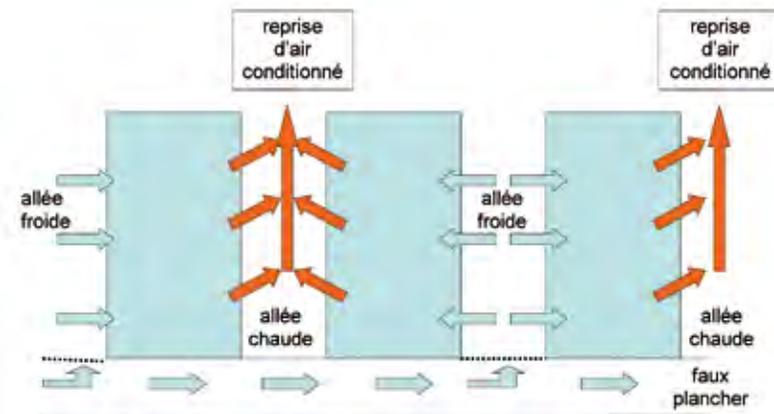
#### PRINCIPE DE L'ALLÉE CHAUDE ET DE L'ALLÉE FROIDE

Le principe consistant à aménager une allée chaude et une allée froide permet d'améliorer de manière significative la gestion de la circulation d'air. L'air froid est injecté dans les allées froides au moyen de dalles perforées dans le faux-plancher. Le retour d'air chaud est ensuite évacué vers le plafond du local du serveur. Cette option permet de minimiser le risque de mélange indésirable entre l'air chaud et l'air froid sans toutefois empêcher un tel mélange dans la partie supérieure des armoires ainsi qu'en fin de rangée.

L'écart de température entre l'air absorbé et le retour d'air est limité par la température maximale admissible en sortie des systèmes informatiques. Afin de répondre à la forte demande en refroidissement, il est possible d'une part de réduire la température d'entrée ou d'augmenter d'autre part le volume d'air frais. Dans ce dernier cas, c'est souvent au risque d'une vitesse de circulation de l'air très élevée, ce qui limite les avantages de ce concept : il est très probable que la grande vitesse de circulation de l'air soit à l'origine d'effets indésirables comme la reprise d'air chaud et des court-circuits d'air. Éviter de tels phénomènes permet de réaliser d'importantes économies au niveau des coûts d'exploitation.

Local de serveurs doté d'un faux-plancher ainsi que d'allées chaudes et froides

Fig.4.3



En premier lieu, le faux-plancher constitue un goulot d'étranglement dans la distribution de l'air frais dans les racks, dans la mesure où de nombreux obstacles comme les câbles ou les canalisations destinées aux fluides entravent la circulation de l'air. Avec une conception et une mise en œuvre soignées, le principe de l'allée chaude et de l'allée froide peut supporter une charge de refroidissement de 5 kW par armoire. Dans les anciens centres de données, cette valeur est considérablement plus faible, soit 1 à 2 kW par armoire.

Grâce à une bonne conception, l'air froid occupe totalement les allées froides. Dans ce cas, l'air chaud s'évacue par le plafond, aspiré par les bouches de reprise du système de conditionnement d'air.

## CONFINEMENT EN ALLÉES FROIDES OU CHAUDES

De plus amples améliorations peuvent être réalisées en opérant une séparation physique des allées froides et chaudes au niveau de la partie supérieure des bâtis ainsi qu'en fin de rangée (par exemple à l'aide de verre acrylique), une solution réalisable à moindres frais. Il est essentiel de veiller à ce que le confinement ne comporte aucune brèche dans la mesure où il permet de séparer les zones chaudes des zones froides dans les armoires informatiques et nécessite un alignement avec le sol.

Cet aménagement permet d'obtenir un gradient thermique de 1 K au lieu de 4 K du niveau supérieur du faux-plancher jusqu'à la partie supérieure de l'armoire et optimise la distribution d'air froid aux serveurs quelle que soit leur position dans l'armoire. Grâce au confinement en allées froides et en allées chaudes, les climatiseurs du local de serveurs peuvent être disposés parallèlement aux rangées de racks (voir la figure 4.3), dans la mesure où tout mélange d'air froid et d'air chaud est évité.

La distribution directe dans les armoires d'air froid constitue une option supplémentaire, les flux d'air chaud retournant dans le local. À l'inverse de cette solution, une distribution de l'air froid via le local combiné à l'extraction d'air chaud via un conduit et un faux-plafond génère un effet similaire. Le local lui-même sera maintenu à une température moyenne.

## SYSTÈME DE REFROIDISSEMENT MONOBLOC ARMOIRE DE CONDITIONNEMENT

Le principe du refroidissement monobloc implique que seules des zones particulières soient refroidies, ce qui rend nécessaire la bonne évacuation de la chaleur produite. Cette approche est idéale en cas de fortes charges de refroidissement concentrées dans des zones relativement petites et permet d'optimiser l'exploitation du système. S'il y a adéquation parfaite entre la chaleur produite par les équipements informatiques et le système de climatisation, il est possible d'obtenir des charges de refroidissement jusqu'à 25 kW par armoire. Ceci correspond à quatre fois la capacité de réfrigération par rapport à une solution traditionnelle pour couvrir un local dans l'intégralité de son volume.

Le principe du refroidissement naturel ou *free cooling* existe depuis un certain temps et est essentiellement utilisé dans les stations de base de télécommunication. L'air froid servant à refroidir les équipements informatiques n'est pas généré par des compresseurs, mais par l'air frais extérieur, et peut être utilisé en combinaison avec la climatisation. Le principe de base du *free cooling* pour un centre de données peut se résumer ainsi : l'air froid ne sera généré par des compresseurs électriques que si la température extérieure excède un certain niveau.

### 4.3.3 Refroidissement naturel ou free cooling

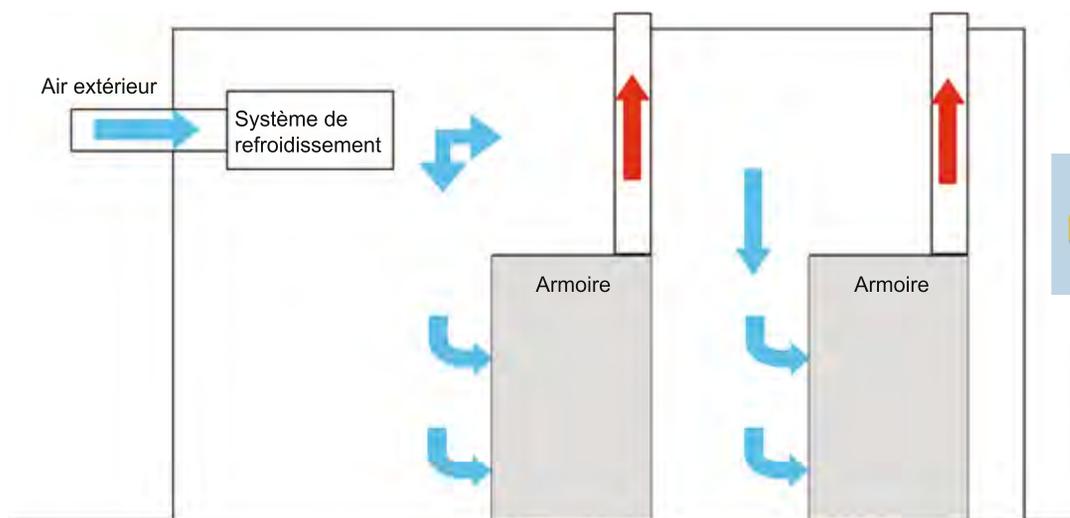
Le *free cooling* se décline en deux modes : le mode direct et le mode indirect. Le système de climatisation doit être conçu de manière à gérer les pics de charge, étant donné qu'en été le *free cooling* ne s'avère opérationnel que dans une moindre mesure voire peut être totalement non utilisable.

#### 4.3.3.1 • Free cooling direct

Dans le cas du *free cooling* direct, un système de ventilation complémentaire est associé à un système de conditionnement d'air afin de combiner l'air extérieur au flux d'air conditionné. Selon la charge de climatisation par rapport à la température extérieure, l'air ambiant extérieur est aspiré dans le local puis évacué vers l'extérieur ou, en mode recyclage, l'air du local est refroidi par le système de climatisation. Ce concept est largement répandu dans les petits environnements TIC décentralisés (comme les installations de téléphonie mobile cellulaire).

Le *free cooling* direct présente l'avantage de faire réaliser d'importantes économies d'énergie, à condition que la région climatique se prête à ce procédé, dans la mesure où les machines frigorifiques se mettent en marche lorsque la température extérieure dépasse un certain niveau.

Ce procédé nécessite de prendre en compte deux aspects complémentaires : tout d'abord, l'absence de contrôle de l'humidité atmosphérique qui ne peut être maintenue dans une plage admise sans un dispositif nécessitant de l'énergie ; deuxièmement, les conditions de filtration d'air posent plus de problèmes car, selon l'emplacement du site, les filtres à air devront être remplacés plus fréquemment.



Principe du free cooling direct  
Fig.4.4

#### 4.3.3.2 • Free cooling indirect

Dans le cas du *free cooling* indirect, l'air froid extérieur n'est pas directement utilisé à des fins de refroidissement. Un échangeur de chaleur air/eau est intégré au circuit de refroidissement à eau du système de conditionnement d'air. La chaleur extraite du circuit d'eau, grâce à un mélange d'eau glycolée, est rejetée à l'air extérieur via l'échangeur de chaleur.

Les modes d'exploitation suivants sont possibles :

- *Free cooling* complet

La puissance de réfrigération requise n'est fournie que par l'air froid extérieur. Le ou les compresseurs sont arrêtés.

- Exploitation en *free cooling* partiel

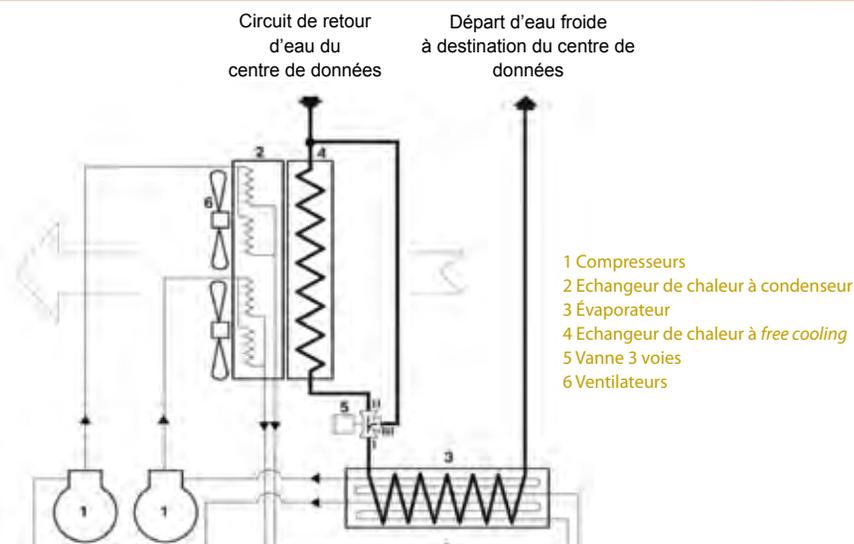
Si la température extérieure est inférieure de 2 K à la température de retour de l'eau de refroidissement, la vanne de l'échangeur de *free cooling* sera ouverte. L'eau est ainsi refroidie pendant un certain temps, la puissance de refroidissement restante encore requise étant fournie par les compresseurs.

- Exploitation au moyen de compresseurs électriques

Sur les journées très chaudes d'une année, les compresseurs fournissent la puissance de refroidissement requise à l'instar d'un système de climatisation standard.

Vue schématique du principe  
du *free cooling* indirect

Fig.4.5



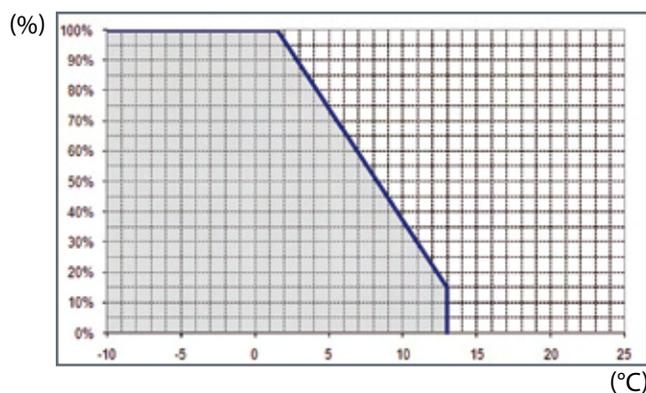
La figure ci-dessus illustre le principe du mode d'exploitation d'une installation de *free cooling* : pour le seul fonctionnement des compresseurs (1), la vanne trois voies ouvre le circuit III, et ferme le circuit II vers l'échangeur en *free cooling*. Dès que la température extérieure descend en dessous d'un certain niveau (2 K en dessous de la température de retour), le système de commande ouvre le circuit II de la vanne (5) et ferme le circuit III afin de conduire l'eau à refroidir avec l'air extérieur vers l'échangeur en *free cooling* avant d'entrer dans l'évaporateur.

En mode d'exploitation mixte avec un *free cooling* partiel, l'eau est refroidie dans l'échangeur à air extérieur ainsi que par l'évaporateur du circuit de refroidissement en parallèle. En mode d'exploitation en *free cooling* total, la charge entière de refroidissement est supportée par l'échangeur à air extérieur.

En général, la part assurée par le *free cooling* dépend de la température extérieure, de la température de l'eau de refroidissement et de la charge de climatisation.

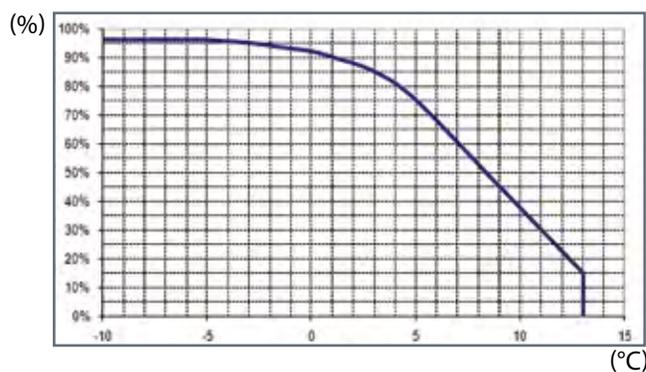
Illustration de la part pouvant être assurée  
par le *free cooling* (zone grise) par rapport  
au refroidissement de la charge entière en  
fonction de la température extérieure pour  
une installation donnée

Fig.4.6



Économies d'énergie  
réalisées grâce au *free cooling*  
en fonction de la température extérieure

Fig.4.7



Le mode d'exploitation en *free cooling* total peut être mis en œuvre si l'écart entre la température de retour de l'eau de refroidissement et la température extérieure est supérieur à environ 11 K. En conséquence, plus la température souhaitée de salle de serveurs est élevée, plus les économies d'énergie seront importantes.

Plus la température de salle de serveurs est choisie élevée lors de la conception du système de refroidissement, plus le *free cooling* peut être utilisé sur une longue durée à l'année.

L'humidité atmosphérique est également un critère primordial dans les centres de données. Si l'humidité relative est trop élevée dans le cas d'un local dont la température est relativement faible, les CRAC (*computer room air conditioners*, climatiseurs de salle informatique) doivent fournir une puissance de refroidissement latente en plus de la puissance de refroidissement sensible afin de déshumidifier l'air du local de serveurs. Or, ce phénomène génère un surcroît de consommation énergétique.

En outre, l'air doit être réhumidifié si l'intervalle de tolérance d'humidité requis n'est pas respecté, soit un surplus de consommation énergétique. Ainsi, une faible humidité relative combinée à une forte température dans le local constitue l'option de refroidissement la plus efficace énergétiquement.

Le *free cooling* peut-il concrètement être utile sur le site d'un centre de données ? Compte tenu de la température annuelle moyenne de nombreuses villes en Europe, il ne fait aucun doute que le *free cooling* offre un énorme potentiel.

Villes	Température annuelle moyenne
Vienne	9,8 °C
Munich	7,6 °C
Berlin	8,9 °C
Hambourg	9,0 °C
Zurich	8,5 °C
Paris	12,9 °C
Lille	11,8 °C
Lyon	13,0 °C
Strasbourg	11,6 °C
Londres	11,0 °C
Edinbourg	9,6 °C
Plymouth	11,4 °C
Milan	13,1 °C

Température annuelle moyenne  
de quelques villes européennes

Tab.4.3

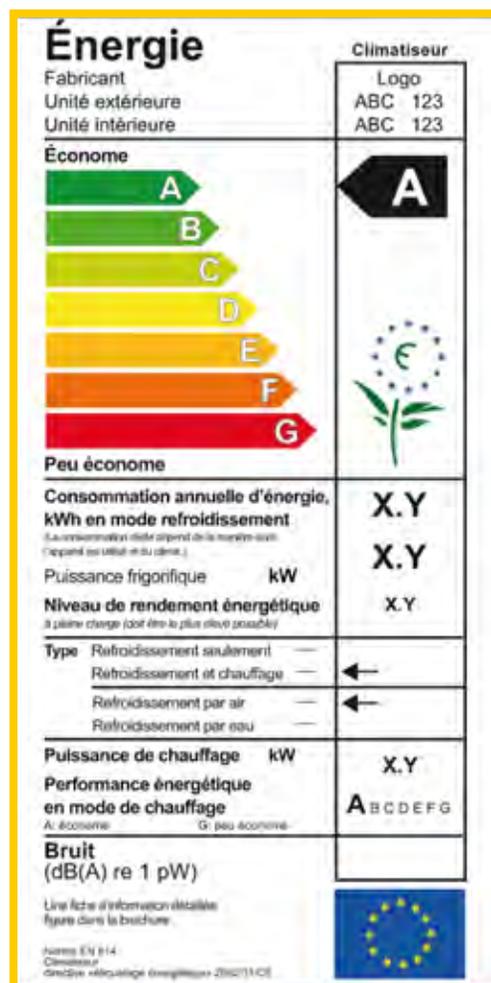
## RECOMMANDATIONS PRATIQUES

- Optimiser l'aménagement des systèmes de refroidissement dans les centres de données en fonction de la circulation d'air et de l'efficacité globale du système.
- Refroidir les serveurs au niveau des armoires.
- Mettre en œuvre le *free cooling*.
- Acquérir une technologie de refroidissement à haute efficacité énergétique.
- Lors de la conception d'un système de climatisation, évaluer de manière approfondie la capacité actuelle et son évolution vraisemblable à moyen terme ; prendre en considération des concepts modulaires en lien avec des capacités d'évolution bien adaptées.

## 4.4 • Systèmes de climatisation adaptés aux locaux de serveurs Appareils de conditionnement de l'air

Étiquetage européen relatif à l'efficacité énergétique des climatiseurs pour locaux (jusqu'à une capacité de réfrigération de 12 kW)

Fig.4.8



Le concept de conditionnement de l'air le plus utilisé vraisemblablement dans les locaux de serveurs ou les armoires d'équipements consiste à installer des climatiseurs à air standards, généralement conçus sous forme de climatiseurs à air *split* ou *multi-split*, composés d'une unité externe munie d'un compresseur et d'une ou plusieurs unités internes dotées d'un évaporateur et d'un ventilateur.

Pour ce type de dispositifs de climatisation, l'étiquetage européen relatif à l'efficacité énergétique est obligatoire (jusqu'à une capacité de réfrigération de 12 kW). La plupart des consommateurs connaissent cet étiquetage dans la mesure où les machines à laver et les réfrigérateurs y sont également soumis.

Le tableau suivant indique les exigences en termes d'étiquetage de l'efficacité énergétique pour les différents types de climatiseurs à air pour locaux : *split* et *multi-split*, monoblocs et à simple conduit.

Exigences en terme d'étiquetage de l'efficacité énergétique des différents types de climatiseurs à air pour locaux

Tab.4.4

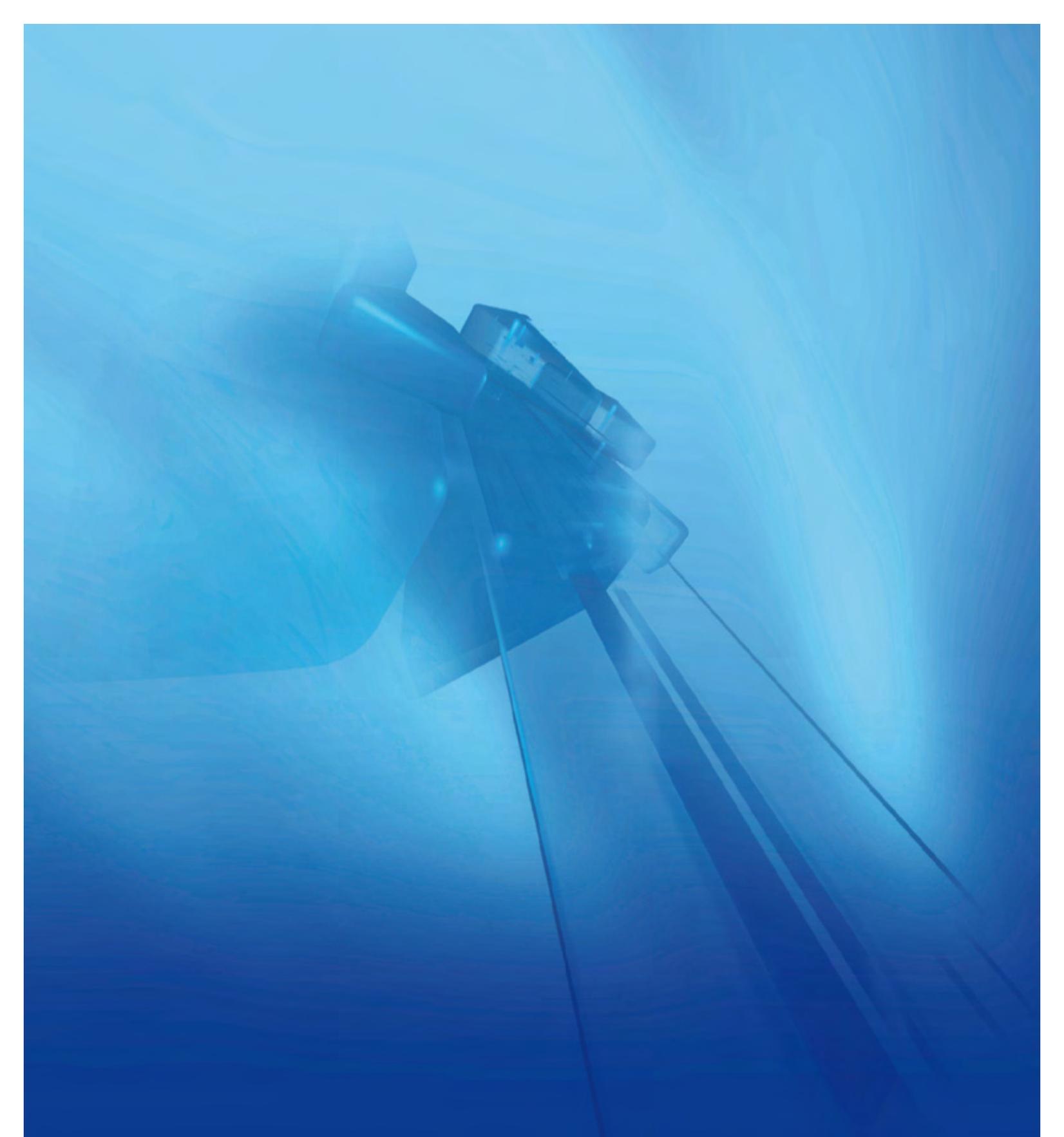
Classe d'efficacité énergétique	Appareils <i>split</i> et <i>multi-split</i>	Appareils monoblocs	Appareils à simple conduit
A	$3,2 < EER$	$3,6 < EER$	$2,6 < EER$
B	$3,2 \geq EER > 3,0$	$3,6 \geq EER > 3,4$	$2,6 \geq EER > 2,4$
C	$3,0 \geq EER > 2,8$	$3,4 \geq EER > 3,2$	$2,4 \geq EER > 2,2$
D	$2,0 \geq EER > 2,6$	$3,2 \geq EER > 3,0$	$2,2 \geq EER > 2,0$
E	$2,6 \geq EER > 2,4$	$3,0 \geq EER > 2,8$	$2,0 \geq EER > 1,8$
F	$2,4 \geq EER > 2,2$	$2,8 \geq EER > 2,6$	$1,8 \geq EER > 1,6$
G	$2,2 \geq EER$	$2,6 \geq EER$	$1,6 \geq EER$

## RECOMMANDATIONS PRATIQUES

- Acheter des équipements de conditionnement d'air à très haute efficacité énergétique (classe d'efficacité énergétique A).
- Envisager des solutions simples de *free cooling*.

# RÉFÉRENCES

- [AMDW09] Aebischer B. Maucoronel C, Duc, P-J, Willers J. (2009) : Standardized energy measurement concept for data centers and their infrastructures
- [Bel08] Belady C. (2008) : Green Grid data centre power efficiency metrics : PUE and DCIE. Consortium Green Grid
- [ESC07] E-Server Consortium (2007) : Energy efficient servers in Europe Energy consumption, saving potentials, market barriers and measures
- [ESC09] E-Server consortium (2009) : Energy and cost savings by energy efficient servers – Case studies
- [ES09] Energy Star requirements for computer servers version1. Draft 4 (2009)
- [FAW07] Fan X., Weber W.D., Barroso L.A. (2007) : Power provisioning for a warehouse sized computer. Google Inc.
- [Gr06] Steve Greenberg (2006) : Best Practices for Data Centers : Lessons Learned from Benchmarking 22 Data Centers. Proceedings of the ACEEE Summer Study on Energy, Efficiency in Buildings in Asilomar, CA. ACEEE, Août. Vol 3, pp 76-87.
- [HMPP+09] Haas J. et al (2009) : Proxy proposals for measuring data centre productivity. Consortium Green Grid.
- [IEC 03] : IEC 62053-11 (2003) Electricity metering equipment. Particular requirements part 11 : Electromechanical meters for active energy
- [Jv04] Danish electricity saving trust and Viegand J. (2004) Good advice for saving electricity in the server room. The Danish electricity saving trust
- [LBNL02] Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley (CA), USA., Data Center Energy Benchmarking, Case Study, 2002
- [LBL07] Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley (CA), USA (2007), Enabling High Efficient Power Supplies for Servers [http://hightech.lbl.gov/documents/PS/Intel\\_Enabling.ppt](http://hightech.lbl.gov/documents/PS/Intel_Enabling.ppt)
- [PBJJ+09] Patterson M. et al (2009), ASHRAE Datacom book series. Consortium Green Grid
- [Pa07] A. Pawlowski : Übersicht der Kühlungsmöglichkeiten für Server- und Elektronik-schränke. Air-Cooled High-Performance Data Centers : Case Studies and Best Methods. Conference Energieeffizienz im Rechenzentrum 2007
- [SP07] Standard Performance Evaluation Corporation, SPECpower\_ssj2008 Design Overview. [http://www.spec.org/power\\_ssj2008/docs/SPECpower\\_ssj2008-Design\\_overview.pdf](http://www.spec.org/power_ssj2008/docs/SPECpower_ssj2008-Design_overview.pdf)
- [SP08a] Performance Evaluation Corporation, SPECpower\_ssj2008 User Guide,
- [SSI07] Power Supply Management Interface Design Guide, <http://ssiforum.org/Power%20Supplies/Forms/AllItems.aspx>
- [Ts06] W. Tschudi et al : Measuring and managing data center energy use. HPAC Engineering, 2006



[www.efficient-servers.eu](http://www.efficient-servers.eu)



EFFICIENT-SERVERS

Consortium européen pour des serveurs sobres en énergie



**Conseil Général de l'Industrie,  
de l'Énergie et des Technologies**

120, rue de Bercy  
Bât. Necker – Teledoc 792  
75572 Paris Cedex 12

N° 2009/05/CGIET/SG

**Rapport de l'Atelier 3 :**  
**Usages et appropriation des TIC**

Richard LALANDE  
Président

Hélène SERVEILLE  
Rapporteur

Septembre 2009

## Sommaire

<b>RECOMMANDATIONS DE L'ATELIER 3 DETIC « USAGES ET APPROPRIATION DES TIC » .....</b>	<b>1</b>
<b>UNE DEMARCHE REMONTANTE POUR FAVORISER L'APPROPRIATION .....</b>	<b>2</b>
<b>1 - BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS .....</b>	<b>7</b>
<b>2 - MAITRISE DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE ELECTRIQUE .....</b>	<b>11</b>
<b>3 - TRANSPORT ET LOGISTIQUE .....</b>	<b>13</b>
<b>4 - EVALUATION DE L'EMPREINTE CARBONE DE L'ENTREPRISE .....</b>	<b>15</b>
<b>5 - TRAVAIL A DISTANCE .....</b>	<b>18</b>
<b>6 - DEMATERIALISATION.....</b>	<b>22</b>
<b>7 - INFORMATIONS ET MOYENS D'ACTION DU CONSOMMATEUR .....</b>	<b>24</b>
<b>RECAPITULATIF DES RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>27</b>

**Président : Richard Lalande**, Président de la Commission Développement Durable de la Fédération Française des Télécoms

**Rapporteur : Hélène Serveille**, Ingénieur Général, MEIE/Conseil Général de l'Industrie, de l'Energie et des Technologies

## UNE DEMARCHE REMONTANTE POUR FAVORISER L'APPROPRIATION

La lettre de mission de la Ministre de l'Economie, de l'Industrie et de l'Emploi a fixé deux objectifs au Groupe Detic présidé par Michel Petit :

**-faciliter l'émergence de solutions éco-responsables dans les plans d'action des industriels afin de favoriser la croissance de l'économie et la compétitivité des acteurs en harmonie avec les objectifs de développement durable**

**-faciliter l'appropriation par les entreprises des solutions ainsi développées, notamment par les PME, en impliquant les fédérations professionnelles et les grands donneurs d'ordre : cet objectif a été fixé à l'atelier 3 du Groupe Detic « usages et appropriation des TIC »**

Cette question de l'appropriation, avec sa dimension conduite du changement, a amené cet atelier à adopter une démarche remontante. Elle met en avant des entreprises volontaires pour témoigner de leur expérience de mise en place des TICs au service de leurs objectifs de développement durable (environnemental -sobriété en carbone et efficacité énergétique-, économique et sociétal).

Cette démarche a notamment permis de mettre en évidence des actions sectorielles structurantes qui doivent être encouragées. C'est en particulier l'objet du programme TIC&PME 2010, lancé fin 2005 par le ministère chargé de l'industrie en partenariat avec le monde économique (MEDEF, fédérations professionnelles, chambres de commerce et d'industrie...). Ce programme vise à inciter les entreprises d'une même filière à mutualiser leurs efforts, et développer, dans le cadre de standards internationaux, les outils spécifiques dont elles ont besoin pour améliorer leurs échanges et leur compétitivité. Sous l'impulsion des fédérations ou des grands donneurs d'ordre, ces outils ont vocation à être mis en œuvre de façon collective et coordonnée par les entreprises de la filière au niveau régional.

La première phase de l'opération entre 2005 et 2007 s'est traduite par deux appels à projets soutenus par un budget de 10 M€. Ils ont abouti à la sélection de projets portés par des organisations professionnelles de 20 secteurs dans les biens de consommation, les biens d'équipement, la santé, le BTP, les bio-ressources, l'agriculture et les services. Plusieurs de ces projets intègrent naturellement une forte composante développement durable. Le programme intègre en particulier des projets sur l'éco-conception dans le bâtiment, la conception collaborative dans l'aéronautique, l'éco-conception de systèmes d'emballage ou sur la dématérialisation.

Les premiers résultats sont à la fois techniques, organisationnels et juridiques : mise en place de moyens de sensibilisation et d'information, création de modules de formation, d'outils de diagnostic et d'outils TIC. Les tests menés avec des entreprises pilotes montrent des retours sur investissement effectifs et une amélioration de la compétitivité des entreprises qui implémentent les outils TIC.

Aujourd'hui, huit projets sont arrivés à échéance, et l'accent est mis sur l'étape suivante de déploiement régional, en liaison avec acteurs locaux du développement économique et les organisations professionnelles.

## Un atelier composé de plusieurs dizaines d'acteurs des différents secteurs de la vie économique

Plus de 70 participants et contributeurs sur les 6 sessions de l'atelier « appropriation », principalement du monde de l'entreprise :

- fédérations professionnelles et entreprises des secteurs les plus intéressés par les économies d'énergie et de carbone : FFB (bâtiment), FNTP (travaux publics), E-TLF (transports et logistique), UFE (électricité), Medef, Gefco, Dassault Aviation, ainsi que Accor, Danone
- fédérations professionnelles et entreprises du secteur des TIC : FF Télécoms, Alliance TICs, FIEEC, Syntec Informatique, Afdel, France Télécom-Orange, Ericsson, GS1, Atos Origin, etc.

Les pouvoirs publics étaient représentés par des membres du MEIE et du MEEDDAT, ainsi que de l'Ademe.

Citons également la participation et contribution de : Délégation Manche Numérique, Adeic, Afutt, Acidd.

## Présentateurs, participants et remplaçants lors des six sessions de l'atelier « appropriation » :

AMARGER	Stéphane	HITACHI EUROPE LTD
ARVIDSSON	Viktor	ERICSSON France
BERGERON	Benjamin	ALLIANCE TICS / BULL
BERHAULT	Gilles	ACIDD
BOULEY	Nicolas	UFE
BREGENT	Alain-Yves	MEIE/DGCIS
BURETTE	Daniel	MEEDDAT/CGEDD
CHAPEAUX	Loïc	FFB
CIMELIERE	Olivier	ERICSSON France
CLAUZURE	Jérôme	AFUTT
CROS	Christine	ADEME
CROS	Emmanuel	MEEDDAT/DAEI
D'ANCHALD	Gilles	MEIE/DGCIS
DAMBRINE	Fabrice	MEIE-MBCPPF/HFDD
DANDRIEUX	Sylvaine	FRANCE TELECOM
DAVOUT	Carmen	MEEDDAT/DGEC
DELON	Roger	ATOS ORIGIN
DIEUDONNE	Gérard	MANCHE NUMERIQUE
DUPEYRON	Jean-Philippe	FNTP
EGU	Jean-Michel	DANONE
ELIE	Alain	ADEIC
FLORY	Isabelle	ALLIANCE TICS / INTEL
FOSSIER	Marc	France Télécom-Orange
FROUEIN	Pierre-Louis	ALCATEL-LUCENT
GAINON	Olivier	FIEEC
GEORGET	Pierre	GS1

HAENTJENS	Axel	France Télécom-Orange
HAIAT	Fabrice	VIZELIA
HERVE	Morgan	MANCHE NUMERIQUE
HOUDANT	Nicolas	ENERGIES DEMAIN
JOUVENEL (de)	Matthias	MEIE/CGIET
JOYEN-CONSEIL	Eric	SYNTEC / ALEXANDRIE
KIMMERLIN	Elisabeth	GREENEXT
LAGOUTTE	Jean-Marc	DANONE
LALANDE	Richard	FF Télécoms, SFR
LAURENT	Anne	MEIE/DGCIS
LAVIGNE	Benoit	MEDEF
LEBEGUE	Eric	CSTB
LE PALLEC	Sophie	GS1
LIBERGE	Alain	France Télécom-Orange
LINE	Véronique	FFB
MARCHAND	Jean-Louis	FNTP
MARTIN	Dominique	FFT
MAURY	Alain	MEDIACONSTRUCT
MITTELETTE	Eric	MICROSOFT - SYNTEC
PADILLA	Sylvie	ADEME
PERRILLAT	Jean-François	ATOS ORIGIN
PIGAULT	Sylvain	FFB
PLASSAT	Gabriel	ADEME
POMONTI	Jacques	AFUTT
RACAPE	François	FIEEC
RAUX	Jean-François	UFE
REMY	Jean-Gabriel	MEIE/CGIET
RENNAUD	Jean-Pierre	DANONE
RIEUCAU	Alexandre	GS1
RIVIERE	Loïc	AFDEL
ROUCAIROL	Gérard	
RUTARD	Stéphane	FNTP
SANDRETTO	Anne	E-TLF
SERANDOUR	Gaël	BOUYGUES TELECOM
SERVEILLE	Hélène	MEIE/CGIET
SICSIC	Pierre	ALLIANCE TICs/HP
STOUFFLET	Bruno	DASSAULT AVIATION
TAFANI	Pierre	ACCOR
THERY	Vincent	MEIE/DGCIS
THOMAS	Géraldine	VINCI - FNTP
TURBE-SUETENS	Nicole	Distance Expert
TUZZOLINO	Philippe	France Télécom-Orange
WEITIG	Olivier	GEFCO

## Projets présentés par les utilisateurs de TIC

Le groupe de travail ne pouvait pas rechercher l'exhaustivité, et s'est concentré sur 7 thèmes :

- 3 domaines consommateurs d'énergie
  - Bâtiment et travaux publics
  - Maîtrise de la consommation d'énergie électrique
  - Transport et logistique
  
- 4 méthodes et outils :
  - Evaluation de l'empreinte carbone de l'entreprise
  - Travail à distance
  - Dématérialisation
  - Informations et moyens d'action du consommateur

La vingtaine de projets et de démarches présentés lors des quatre sessions des 24 mars, 21 avril, 7 mai et 28 mai sont à des stades d'avancement variés -pilote, début de déploiement, généralisation-, afin d'obtenir, globalement, une visibilité à la fois en termes d'innovation, et de retour d'expérience. Les présentations faites devant l'atelier peuvent être regroupées selon les thèmes suivants :

### Bâtiment et travaux publics

- projet eXpert de maquette numérique pour les acteurs du bâtiment, FFB/Mediaconstruct
- éco-quartiers, FNTF/FFB/Acidd

### Maîtrise de la consommation d'énergie électrique

- maîtrise par l'utilisateur de sa consommation électrique : UFE
- bâtiments intelligents et communicants, FIEEC

### Transports et logistique

- simulation numérique pour le transport aérien, Dassault Aviation
- optimisation de la gestion de flottes de véhicules, GEFCO
- projets de la fédération des entreprises de transport et de logistique, E-TLF

### Evaluation de l'empreinte carbone de l'entreprise

- Danone
- France Télécom-Orange
- Ericsson
- outil d'évaluation de l'impact carbone [Necater](#) d'Energies Demain/Diact
- la méthode [Bilan Carbone®](#) de l'Ademe

### Travail à distance et eActivités

- le projet Manche Numérique, Délégation Manche Numérique
- l'initiative R.O.M.E. (Réseau d'Optimisation de la Mobilité Eco-sociale), Atos Origin
- interaction à distance, Accor
- Cluster Green & Connected Cities (écocentres 2.0)

### Dématérialisation

- l'interopérabilité des échanges d'information appliquée aux flux de marchandises, GS1
- projets proposés par le Syntec Informatique

### Informations et moyens d'action du consommateur

-affichage des produits de grande consommation, coordination Adeic, avec contribution Ademe/France Télécom-Orange/Fieec/ Greenext

### **Méthodes et critères**

Le groupe a établi une grille d'analyse qualitative et quantitative et s'est efforcé pour chacun des thèmes de dégager un certain nombre de recommandations pour que les initiatives actuelles puissent être optimisées et généralisées.

Il avait ainsi été proposé aux présentateurs d'éclairer les aspects suivants de leurs projets, pour apprécier leur intérêt économique et environnemental, ainsi que les aspects managériaux :

*Aspects quantitatifs* : le bénéfice global attendu pour le client final ; l'investissement en ressources humaines et financières ; les objectifs de gain en émission de carbone, directs et indirects ; les gains en émissions de carbone réalisés et les économies effectivement réalisés ; le retour sur investissement (ROI)

*Aspects qualitatifs et humains* : motivation des managers, des salariés, des consommateurs ; conduite du changement ; conséquences organisationnelles, processus ; formation, information, retour d'expérience, adaptation.

Dans la pratique, pour des raisons de délais et aussi, et surtout, de difficulté aujourd'hui à évaluer l'empreinte carbone faute de méthodologie reconnue, le volet quantitatif des projets n'a quasiment pas été abordé, et les exposés se sont concentrés sur les fonctionnalités mises en place, leur bénéfice qualitatif, et les actions d'accompagnement nécessaires. Les critères ci-dessus pourront servir à la sélection de futurs projets de TIC au service du développement durable.

Les présentations de projets étaient suivies d'un échange avec tous les participants de l'atelier, et ont conduit, pour chaque projet ou groupe de projet, à des premières pistes d'action généralisables, pistes génériques utiles pour les futurs projets, telles que :

- guides de bonnes pratiques
- chartes
- standards, interopérabilité, normalisation
- identification de freins/points durs à lever, y compris réglementaires
- identification de lacunes
- propositions de mesures d'encouragement
- projets pilotes ou phares
- formation, information des acteurs, supports pédagogiques
- témoignages de précurseurs et de référents
- évaluations et bilans
- réseaux de partage d'expérience

Le groupe souligne la nécessité d'une approche globale, du bâtiment, du quartier, pour pouvoir véritablement améliorer la performance environnementale de l'ensemble. Cette approche globale doit aussi prendre en compte tout le cycle de vie du bâtiment depuis la conception jusqu'à la déconstruction.

**Promouvoir l'utilisation de la maquette numérique normalisée des bâtiments et des quartiers, tant dans la phase de conception que dans celle de l'exploitation, aux fins d'optimiser leur consommation d'énergie :**

- Pour réaliser les maquettes numériques dans le secteur du bâtiment (BIM), une norme existe déjà, la norme IFC, désormais ISO, qui permet donc l'interopérabilité. L'offre logicielle et le débit des réseaux en permettent aujourd'hui la mise en œuvre, dans un secteur comprenant de nombreux acteurs de toutes tailles.
- La maquette numérique est un ensemble de données informatiques qui décrivent l'intégralité de l'ouvrage bâti durant tout son cycle de vie. La richesse sémantique de ces données, gérées dans un système d'information cohérent, appelé BIM (Building Information Model), est sans commune mesure avec ce que recèlent les fichiers de dessins ou fichiers descriptifs actuels. La maquette numérique est mise en œuvre via des services internet spécifiques et des logiciels commerciaux tous conformes au format de données ISO- IFC.

La maîtrise des consommations d'énergie dans le bâtiment, et également le respect des exigences environnementales passent par un impératif absolu : la maîtrise de l'information technique liée à un ouvrage. Seule la maquette numérique normalisée offre cette source d'information nécessaire à la mise en œuvre d'outils de contrôle de conformité.

La quasi intégralité de l'offre logicielle mondiale dédiée au bâtiment intègre le concept maquette numérique et la norme IFC. Cette implémentation est à ce jour de qualité inégale, raison pour laquelle BuildingSmart international<sup>1</sup>, organisation qui développe la norme ISO-IFC, renforce ses procédures de certification des logiciels.

- Il convient donc de promouvoir cette maquette numérique normalisée, de faire en sorte que la filière se l'approprie pour tirer tous les bénéfices de ces technologies, alors même que le monde du bâtiment est très éclaté et qu'il y a peu d'interopérabilité au départ. C'est en particulier l'objet du projet Expert porté par la FFB/Mediaconstruct et soutenu par la DGCIS dans le cadre du programme TIC&PME 2010. L'ADEME est également l'un des acteurs importants pour la généralisation de la maquette numérique, qui est indispensable pour satisfaire la technicité croissante requise s'agissant du respect de la réglementation.

---

<sup>1</sup> <http://www.buildingsmart.fr/>

- Recommandation d'utilisation de la maquette numérique normalisée dans les marchés publics (Etat, collectivités locales, gestionnaires de parcs immobiliers publics, bailleurs sociaux)

**Inciter les acteurs à définir la notion de réseaux « domiciliaires » et leurs interfaces avec les différents dispositifs concernés (notamment les « compteurs intelligents ») :**

- Le réseau « domiciliaire » doit permettre la connexion de tous les appareils ou objets communicants présents et utilisés dans les différentes pièces d'un foyer domestique et participer à la gestion active de la consommation énergétique du foyer. Cela englobe, au-delà du réseau résidentiel, une gestion intelligente des quartiers et bâtiments dans une logique d'optimisation énergétique. Actuellement, l'installation de tels réseaux domiciliaires résidentiels souffre de la profusion de technologies d'inégales performances et d'une insuffisance de normalisation. Une amélioration de l'interopérabilité des solutions, notamment par une approche normative, doit donc être recherchée et favorisée par l'Etat.
- L'interfonctionnement des appareils électroniques et leur communication doit être améliorée et les normes correspondantes unifiées. Ce nouveau domaine de normalisation doit être ouvert avec toutes les parties prenantes au sein du bureau de normalisation pertinent.
- Les initiatives visant à clarifier ces notions de « réseaux domiciliaires » et réunissant les acteurs au sein de forums ouverts doivent donc être encouragées.

**Etat exemplaire : rénovation des bâtiments publics et sociaux**

- L'Etat pourra jouer un rôle important, par un programme exemplaire de rénovation des bâtiments publics et de l'habitat social. Ces programmes devraient permettre la généralisation d'outils performants d'un point de vue énergétique :
  - utilisation de la maquette numérique normalisée
  - déploiement de réseaux domiciliaires
 Dans le cadre des programmes de rénovation urbaine, le câblage des immeubles devrait être intégré dans le cahier des charges de l'agence nationale de rénovation de l'habitat (ANRU).
- Renforcer le critère d'efficacité énergétique et environnementale dans les appels d'offre des marchés publics

**Mener une action forte pour la formation des acteurs du BTP**

- Des formations se développent afin d'accompagner les différents acteurs à mieux appréhender l'approche globale de la performance énergétique et environnementale de la construction. La mise à disposition de nouvelles technologies pour le secteur du BTP nécessite également une mise à jour des connaissances pour l'ensemble de la filière (maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, entreprises, gestionnaires immobiliers).
- Les formations nécessaires aux professionnels portent sur le maniement de nouvelles générations de logiciels, mais surtout sur de nouveaux process basés sur un très haut niveau de collaboration entre acteurs. On peut estimer que ces

formations se comptent en jours, équivalent à ce qui se pratique pour des mises à niveau sur de nouvelles versions de progiciels.

- Par ailleurs, les TIC apportent un soutien à ces formations qui ont de plus en plus recours à du matériel pédagogique de type « multimédia ». Le projet eXpert a produit des exemples concrets.

#### **Autres recommandations et observations :**

- Elaborer un référentiel pour les acteurs, nombreux et diversifiés dans ce secteur : citons l'exemple du référentiel « éco-quartiers et infrastructures » réalisé par la FFB et la FNTF, visant à en définir la dimension minimale et le périmètre, se poser les bonnes questions en amont, éviter les pièges, être attentif aux effets induits négatifs.
- Faire une analyse et un diagnostic préalable de la situation, reposant sur une large consultation des acteurs : architectes, urbanistes, collectivités locales, habitants, entreprises. Bien prendre en compte l'existant.
- S'appuyer sur un retour d'expérience : témoignages de maîtres d'ouvrages précurseurs, en France, qui ont pris le risque d'innover dans des approches de maquettes numériques de bâtiment ou de technologies innovantes et performantes.
- Se mettre dans une logique d'expérimentations, en lançant des initiatives opérationnelles sur plusieurs territoires simultanément. Ne plus rechercher seulement les bonnes pratiques, mais faire se rencontrer les acteurs pour les différents volets des projets : cahier des charges, scénarios, suivi des opérations, financement, modèles économiques.
- Fournir aux acteurs, pour aider à l'appropriation des méthodes de maquette numérique, des outils concrets : catalogue d'actions à mettre en œuvre, tutoriels, vidéos, recommandations dans les marchés (par exemple, comment introduire la maquette numérique dans un appel d'offres). Cf.ici aussi le projet FFB/Mediaconstruct.
- Régler les problèmes du « faire ensemble », développer la démarche de cluster, car ces projets impliquent de nombreux acteurs de cultures et de métiers différents : grandes entreprises, réseaux d'experts, organisations internationales, chercheurs, collectivités locales, etc.
- Etat incitateur : dispositifs financiers et fiscaux, comme des prêts à taux zéro, ou des primes à l'investissement en équipements favorisant l'efficacité énergétique, pour les collectivités territoriales comme pour les entreprises dont les PME.

**En résumé :**

**Promouvoir l'utilisation de la maquette numérique normalisée des bâtiments et des quartiers, tant dans la phase de conception que dans celle de l'exploitation, aux fins d'optimiser leur consommation d'énergie :**

- utilisation de la norme IFC/ISO sur le format de structuration des données
- formation des différents corps de métiers
- recommandation d'utilisation de la maquette numérique normalisée dans les marchés publics (Etat, collectivités locales, gestionnaires de parcs immobiliers publics, bailleurs sociaux)

**Inciter les acteurs à définir la notion de réseaux « domiciliaires » et leurs interfaces avec les différents dispositifs concernés (notamment les « compteurs intelligents ») :**

- établissement de normes permettant une industrialisation à grande échelle, applicables aux réseaux locaux de quartier, d'immeuble, de locaux d'habitation et leurs interfaces, aux fins en particulier de permettre aux gestionnaires et aux utilisateurs de disposer de l'information sur l'état et la consommation des différentes sources d'énergie, et d'optimiser l'usage des matériels
- accompagnement de forums ouverts regroupant l'ensemble des secteurs d'activité concernés
- participation aux travaux communautaires
- expérimentations en vraie grandeur du recours à la norme

## 2 - MAITRISE DE LA CONSOMMATION D'ENERGIE ELECTRIQUE

Ce sujet couvre le secteur résidentiel et la maîtrise par le consommateur/usager de ses dépenses domestiques en électricité, ainsi que les bâtiments tertiaires et industriels. Il est en relation avec les deux autres thèmes « bâtiment et travaux publics », et « information et moyens d'action du consommateur ». Il ne couvre pas les « smart grids ».

### Information du consommateur, affichage visible, compteurs intelligents :

- La mise en place d'offres d'effacement de pointes de consommation électrique va favoriser les changements dans les comportements des utilisateurs. Ce changement passe également par un affichage dynamique et compréhensible de la consommation et des émissions de CO<sub>2</sub> liées à l'utilisation des équipements consommateurs d'énergie. Les TIC peuvent aider à la prise de conscience par leur capacité d'affichage dynamique et simple.
- Le comptage, la mesure et l'affichage simple des consommations d'énergie par usage sont donc clés pour pouvoir informer le consommateur. Là encore, les TIC, par le développement d'outils électroniques de mesure précis et s'intégrant dans les systèmes existants ont un rôle important à jouer. Ainsi, par exemple, la série des données observées va permettre d'améliorer la modélisation de l'inertie thermique du bâtiment.
- La diffusion d'offres d'équipements connectés, chez les résidentiels, permettant de mesurer, d'afficher par usage et de réguler les consommations d'énergie, dépend également de l'existence de standards permettant l'interopérabilité, et s'intégrant dans les normes déjà définies et déployées. Il convient de bâtir sur l'existant pour accélérer le déploiement et éviter les gaspillages.

### Sensibilisation de la filière du bâtiment

- Pour les acteurs de la filière du bâtiment, la connaissance et la mesure de l'intérêt du pilotage actif de la consommation énergétique pour les bâtiments ne sont pas encore suffisamment développées. Ici aussi, le groupe propose un effort significatif d'information/formation en lien avec les acteurs concernés. A noter que les TIC peuvent aider pour la formation, que ce soit par la formation en ligne, ou bien par les « serious games » qui par leur aspect ludique aident à l'acquisition de connaissances.

### Rôles de l'Etat

- Etat incitateur :
  - dispositifs financiers et fiscaux, comme des prêts à taux zéro, ou des primes à l'investissement en équipements favorisant l'efficacité énergétique, pour les collectivités territoriales comme pour les entreprises dont les PME.
  - La DGCIS soutient un certain nombre de projets innovants concernant les objets communicants
- Etat exemplaire :
  - renforcer le code des marchés publics sur les critères d'efficacité énergétique, pour les appels d'offre

**En résumé :**

**Favoriser la généralisation d'outils intelligents de mesure, d'affichage et de pilotage de la consommation énergétique des locaux d'habitation, bâtiments tertiaires et quartiers :**

- réseaux domiciliaires dont résidentiels permettant la circulation nécessaire des informations
- capteurs et équipements interconnectés selon des interfaces standardisées
- affichage simple des consommations par usage

**Amplifier la sensibilisation de la filière du bâtiment et des gestionnaires aux outils existants d'efficacité énergétique actifs**

**Faire connaître, quantifier les avantages et inciter les consommateurs à utiliser ces outils de mesure, d'affichage, et de pilotage**

**Favoriser des actions exemplaires de l'Etat, des collectivités locales et des gestionnaires publics et privés dans cette gestion éco-responsable**

### 3 - TRANSPORT ET LOGISTIQUE

Le groupe s'est principalement intéressé au monde des entreprises du transport et de la logistique, terrestre et maritime. Ce secteur économique est caractérisé par un grand nombre d'entreprises de toutes tailles, avec une très forte dimension internationale, et des clients dans de multiples secteurs d'activité.

Les actions menées par une fédération pour aider à la diffusion et l'appropriation des TIC auprès de ses adhérents, ont été présentées. Certaines de ces actions font l'objet d'un soutien de la DGCIS dans le cadre du programme TIC&PME 2010 à travers le projet Gesfim.

Il est apparu que ces bonnes pratiques pouvaient être reprises dans d'autres filières professionnelles, puisqu'elles touchent aux principes généraux et à la méthodologie plus qu'à des solutions techniques spécifiques.

#### **Elaborer une norme au niveau européen pour la dématérialisation des documents administratifs**

- Les projets de dématérialisation de documents administratifs concernés sont : la gestion électronique et la sécurisation du fret international multimodal, le dédouanement via Internet, la traçabilité du fret sur Internet, le transit informatisé. Ils sont menés avec les administrations, notamment les douanes
- L'interopérabilité est la clé pour dégager les bénéfices offerts par les TIC : identification de tous les objets de façon interopérable ; chaîne d'information sans couture ; dématérialisation de l'information en amont ; implication de tous les acteurs de la chaîne.
- S'appuyer sur des standards internationaux dès le démarrage de projets de TIC. En effet, l'interopérabilité au niveau international est une obligation pour la compétitivité des entreprises françaises. Le commerce est international. Et qui dit dématérialisation dit nécessité de normaliser les échanges pour pouvoir communiquer entre acteurs multiples. D'où le temps consacré en participation à des groupes de travail de normalisation. Ceci permet d'élaborer des référentiels de bonnes pratiques.

#### **Promouvoir la norme sur les codes-barres et étiquettes radio/électroniques (RFID)**

Le point-clé est l'identifiant unique et donc, ici encore, la normalisation internationale doit être recherchée. Il s'agit de rendre compatibles les identifiants RFID avec la chaîne d'informations décrite ci-dessus, afin d'obtenir la traçabilité complète des marchandises.

#### **Accompagner et former les entreprises**

- Accompagner les responsables d'entreprise, surtout les plus petites, lors de l'arrivée de ces nouveaux projets informatiques et réglementaires. Le développement d'une action conjointe administrations-fédérations professionnelles est souhaitable. Les outils de formation en ligne sont utiles car ils offrent une

grande facilité de diffusion d'un message, par exemple sur les aspects sécurité-sûreté. Ces projets sont de véritables actions de conduite du changement.

### **Autres recommandations et observations**

- Rechercher, pour les nombreuses PME, la fédération de l'expression des besoins en amont du développement des projets informatiques, et la mutualisation des moyens, comme par exemple la virtualisation des serveurs, lors de leur déploiement. Les fédérations jouent déjà un rôle significatif dans ce domaine.
- Eviter les ruptures dans la chaîne de dématérialisation. Pour que les investissements dans les projets de dématérialisation portent leur plein effet, il faut éviter d'avoir à imprimer les documents pour les contrôles ultérieurs. C'est le cas actuellement par exemple pour les documents de douane. Une piste d'action, à qualifier, serait l'archivage électronique.
- Retour d'expérience du transport aérien : importance de la simulation numérique, lors de la conception des avions, pour réduire l'empreinte carbone. Elle permet d'optimiser fortement l'aérodynamisme et les performances énergétiques des moteurs, et de mettre au point dans des délais beaucoup plus courts des appareils dont la consommation en carburant peut être réduite significativement (de l'ordre de 30% pour l'exemple cité). Ce sujet fait également l'objet d'un projet soutenu par la DGCIS dans le cadre de TIC&PME 2010. Ces progrès technologiques permis par la simulation numérique sont transposables à d'autres secteurs d'activité, et en particulier aux industriels du transport.

### **En résumé :**

**Afin d'optimiser les transports de marchandises, et par là-même de réduire la consommation d'énergie, promouvoir la dématérialisation « sans couture » de l'ensemble de la chaîne d'information de la logistique :**

- renforcer la participation aux groupes de normalisation
- appliquer dès l'origine des standards internationaux
- intégrer l'ensemble des documents administratifs (notamment des douanes)

**Rendre compatibles les identifiants des étiquettes électroniques avec cette chaîne d'informations, afin d'obtenir la traçabilité complète des marchandises**

**Accompagner et former l'ensemble des entreprises de transport et de logistique à ces modèles et à leur utilisation dans le cadre d'un développement durable.**

**Favoriser la mutualisation de l'expression des besoins et de l'utilisation des ressources informatiques**

#### 4 - EVALUATION DE L'EMPREINTE CARBONE DE L'ENTREPRISE

Ces recommandations donnent des pistes pour favoriser l'appropriation de la démarche d'évaluation de l'empreinte carbone dans les entreprises, et en particulier dans les PME. Cette évaluation permettra aux entreprises de disposer d'éléments fiables et relativement simples, qui leur permettront alors de prendre les décisions appropriées et de maîtriser leur empreinte carbone.

Cela comporte l'examen de l'impact direct et indirect de l'introduction de produits et services TIC se substituant à l'existant. L'objectif est de mesurer l'apport des TIC à la réduction de l'empreinte carbone des entreprises et de pouvoir ainsi quantifier l'effet bénéfique.

Les entreprises sont déjà sensibilisées, pour des raisons économiques, à la nécessité d'améliorer leur performance énergétique. Le groupe de travail a privilégié la recherche de mécanismes incitatifs.

**Participer activement aux travaux communautaires et travailler avec les organismes de normalisation pour mettre en place une comptabilité carbone opérationnelle et reconnue.**

- Prendre en compte la dimension internationale, structurante, de l'activité des entreprises, en développant une approche compatible, en matière de standards, avec ce qui se fait ailleurs qu'en France
- Normaliser les méthodes de calculs pour les Analyses de Cycles de Vie des produits et solutions, pour permettre la comparaison interentreprises
- Travailler avec des organismes officiels de certification des calculs au niveau international : engager un travail entreprises-Ademe et organismes internationaux comme par exemple le GHG Protocole / ISO/ IUT, etc., pour fiabiliser et mettre à jour les données partagées.

**Travailler avec les organismes de normalisation pour standardiser l'évaluation quantitative des gains sur l'empreinte carbone fournis par les solutions TIC, dans la perspective d'une comptabilité carbone à venir.**

- Fournir ainsi aux décideurs et plus généralement à tous les acteurs économiques des éléments reconnus issus d'une méthodologie standardisée pour agir efficacement en faveur d'une réduction de l'empreinte carbone grâce à l'introduction de produits et services TIC en substitution aux pratiques actuelles plus consommatrices.
- Agir sur l'empreinte propre des produits et services TIC. La démarche d'éco-conception où les aspects ressources, consommation et fin de vie sont bien pris en compte d'emblée est à privilégier même si elle ne fait pas l'objet de dispositions réglementaires.
- Capitaliser sur l'expérience acquise par les entreprises pionnières dans l'évaluation de l'impact de l'introduction de produits et services TIC sur leur empreinte carbone, même en l'absence d'évaluation standardisée des gains à mettre au crédit de la mise en œuvre de solutions TIC.

- Une étude a été lancée par les industriels sur ce domaine complexe. Ses conclusions seront rendues au deuxième semestre 2009

**Les progiciels d'entreprise doivent prendre en compte, pour les processus qu'ils couvrent, cette dimension environnementale :**

Les méthodes « manuelles » ne permettent plus de répondre aux nécessités du calcul de l'empreinte carbone couvrant de nombreux produits et processus en impliquant toute la chaîne de valeur, et non plus seulement des processus de production pris isolément.

Les émissions de CO<sub>2</sub> ne se mesurent pas avec des appareils ; elles se calculent, et pour cela les TIC sont souvent indispensables.

**Autres recommandations et observations :**

- Favoriser l'appropriation dans l'entreprise de la démarche d'évaluation de l'empreinte carbone
  - amener les plus grands groupes à présenter leur analyse d'impact carbone, entraînant ainsi les partenaires de leur écosystème dans cette démarche d'évaluation
  - viser, pour chaque entreprise, une approche progressive des analyses de l'impact carbone, donnant la priorité, du moins au démarrage, aux améliorations plutôt qu'aux valeurs absolues
  - laisser à l'entreprise, dans un premier temps, le choix de son périmètre d'analyse, qui est étroitement lié à ses enjeux et à ses leviers d'action, comme le préconise la démarche Bilan Carbone Entreprises de l'Ademe. Cependant définir des fondamentaux obligatoires et des modalités de comparaisons
  - mesurer à la fois les consommations et les gains directs et indirects
  - fournir des informations compréhensibles, lisibles, vérifiables et des guides de bonnes pratiques pour accompagner les acteurs, en mettant en avant des démarches suffisamment simples et souples.
  - mettre chaque salarié en situation de se sentir concerné et d'agir en communiquant des données d'empreinte carbone rapportées à des équivalents de la vie quotidienne
  - impliquer les managers en indexant une partie de leurs objectifs sur des indicateurs environnementaux (le « green bonus »)
- Optimiser les actions individuelles par un effort collectif
  - favoriser les démarches transverses et globales, comme la démarche ACV d'analyse de cycle de vie, pour optimiser l'effet cumulé des actions de chaque acteur économique ; toutefois, cette démarche peut être très consommatrice en temps, et il faut se concentrer sur les ordres de grandeur, permettant d'identifier les principaux postes de gains

- susciter des analyses d'impact par filières fournisseur-entreprise-client pour améliorer la qualité des évaluations d'impact carbone et pour ainsi identifier les leviers d'action les plus efficaces. En effet, des incertitudes fortes pèsent encore sur les hypothèses, et l'association de plusieurs acteurs sur la chaîne de valeur permettra de minimiser ces incertitudes et de les réduire collectivement.

**En résumé :**

**Contribuer dans le contexte des travaux communautaires et internationaux à établir des outils de mesure permettant la comparaison entre entreprises et assurant la cohérence entre les différents maillons de la chaîne de production, de distribution et d'usage des TIC :**

- définir des méthodologies standardisées et prévoir leur mise à jour au rythme des évolutions technologiques
- promouvoir l'interopérabilité des systèmes d'informations concernés
- prendre en compte la dimension environnementale dans les progiciels d'entreprise

**A l'aide de ces systèmes de mesure, intégrer, dès que faire se peut, les évaluations de l'empreinte carbone des matériels et services TIC dans une étude d'impact globale sur le développement durable de l'économie et de la société :**

- les fédérations professionnelles représentant les TIC publieront d'ici la fin de l'année 2009 les résultats d'une étude qu'elles ont lancée dans ce domaine

## 5 - TRAVAIL A DISTANCE

Le travail à distance, qui recouvre non seulement le travail à domicile, mais également le travail dans des télécentres ou le travail nomade, est moins développé en France que chez nos voisins.

Il a cependant des impacts positifs environnementaux, ne serait-ce que par la réduction de la demande de transport, en particulier aux heures de pointe.

De plus, la pratique du travail à distance permet d'améliorer les conditions de vie des salariés. Des études mentionnent également une amélioration de la productivité et de la qualité du travail.

Enfin, le travail à distance permet d'assurer une certaine continuité du service, en cas de pandémie, d'attentat chimique ou biologique ou de catastrophe naturelle.

Créateur de valeur, le travail à distance doit donc être encouragé, aussi bien dans le secteur privé que dans le secteur public.

### Périmètre des recommandations

Ce thème étant très vaste, le groupe a choisi de se focaliser sur le sujet émergent des télécentres, pour lequel des projets apparaissent, issus d'acteurs publics ou privés. Ce qui n'empêche pas de favoriser aussi le télétravail permis par le déploiement des réseaux domiciliaires.

Ce qui caractérise un télécentre, c'est que tout ou partie du personnel qui y exerce son activité professionnelle est éloigné physiquement de son entreprise d'appartenance, donc de sa hiérarchie, de ses collaborateurs et collègues et qu'il doit impérativement utiliser les nouvelles technologies pour effectuer son travail et le communiquer à l'entreprise. Cette définition écarte toutes les sociétés de télé-services ainsi que les centres d'appel ou les simples centres d'affaires, sauf celles qui commencent à relocaliser les salariés à leur domicile.

L'apparition d'une offre de télécentres, dans des zones fortement urbanisées ou dans des zones rurales, offre des perspectives prometteuses sur la réduction des émissions de carbone, par son effet systémique, en jouant à la fois sur le secteur des transports, par la réduction des trajets, et sur le secteur du bâtiment, par la réduction de la facture d'électricité et de chauffage, voire la réduction des surfaces.

Cette offre s'inscrit dans un continuum d'intégration sans couture avec les modalités du travail posté et celles du travail à distance au domicile ou nomade qui devrait lui garantir le succès. Bien au-delà des gains environnementaux et sociaux, c'est un accompagnement des e-activités professionnelles et non professionnelles qu'il s'agit de promouvoir.

Ici encore, la dimension internationale, pour les grandes entreprises et les PME, doit être prise en compte, dans un contexte de mondialisation et de quête des talents « là où ils sont » pour contribuer à la productivité et à la compétitivité.

## **Rendre l'offre de services interopérable tant au niveau national qu'europpéen**

La question de l'interopérabilité des télécentres, qui seront gérés par une variété d'opérateurs, se pose. Les télécentres ne présenteront un réel intérêt pour les utilisateurs, entreprises ou salariés, que si le passage de l'un à l'autre est transparent. Le groupe recommande de poursuivre l'analyse des points techniques posant difficulté aujourd'hui, et de recenser les solutions en préparation tant en France que dans les autres pays d'Europe.

### **Clarifier l'offre de services en émergence et ses applications**

Le groupe recommande le lancement d'un travail de caractérisation des niveaux d'offres de services : inventaire des meilleurs outils à proposer dans un télécentre, identification des niveaux de confidentialité en fonction des clients et de la nature des données traitées, assistance aux utilisateurs et plages d'ouverture du service, choix organisationnels.

Ce travail se concrétiserait par un guide de bonnes pratiques et de recommandations, à destination principalement des entreprises, pour les convaincre de l'intérêt de tenter l'utilisation de télécentres pour leurs salariés. Il permettrait de dégager une typologie et de véhiculer un message clair sur ce sujet.

Ce guide reprendrait les conditions d'interopérabilité et de cohérence entre ces centres permettant un travail à distance « sans couture » et un vrai nomadisme.

### **Etat incitateur : soutien au démarrage des télécentres et à l'adoption du télétravail dans les entreprises**

Ces soutiens doivent se faire de façon coordonnée et synchronisée.

La proposition de loi sur le télétravail votée le 9 juin n'a pas retenu d'engagement fiscal, le coût de la mesure n'étant pas chiffré.

Un soutien aux télécentres pourrait se faire de deux façons :

- en subventionnant le démarrage de réseaux de télécentres, facilitant ainsi l'investissement initial. Une enveloppe globale de quelques dizaines de millions serait nécessaire dans le cadre d'un appel à projets
- en prenant une participation via la CDC dans le capital de sociétés d'exploitation de télécentres, qui sont en cours de constitution. Ces sociétés, regroupant des opérateurs de services aux entreprises et des spécialistes de l'immobilier d'entreprise, ambitionnent de créer un réseau de plusieurs dizaines de télécentres rentabilisés grâce à des abonnements de grandes entreprises voire d'administrations.

### **Etat exemplaire, vitrine du travail à distance**

Les ministères, s'appuyant sur la circulaire du Premier Ministre "Etat exemplaire" du 3 décembre 2008, pourraient montrer la voie à suivre, d'autant plus facilement que leur mission consiste essentiellement à traiter de l'information. Le rapport France Numérique 2012 fait un certain nombre de propositions.

De plus, l'Etat pourrait ainsi faire des économies de locaux, concourir à l'aménagement du territoire et assurer une meilleure sécurité face aux situations de crise.

Afin de diminuer le nombre de déplacements des administrations, la pratique de la visioconférence doit être encouragée comme mentionné dans la fiche 14 de cette circulaire.

Ceci nécessite que l'équipement soit disponible ; en première approche, une salle par site d'administration centrale et par préfecture.

### **Autres recommandations et observations :**

- L'accompagnement social et législatif

Ce sujet est déterminant, mais n'entre pas dans le champ de ce groupe de travail. La proposition de loi visant à promouvoir le télétravail en France a été discutée à l'Assemblée nationale, et votée le 9 juin.

- La formation des acteurs
  - Dans l'entreprise comme dans les services publics, la sensibilisation des managers et des organisations représentatives du personnel, et la mise en place d'objectifs favorisant le travail en projet et collaboratif sont une condition du succès. Le groupe souligne l'intérêt d'intervenir très en amont, au niveau de l'école, du lycée, de l'université, pour développer l'habitude du travail d'équipe et du travail collaboratif.
  - Une bonne pratique est le fait de faire de « petits » (rapidement adaptables sans être courts temporellement car certaines pratiques ou comportements n'émergent qu'au bout de quelques mois) pilotes en commençant par les populations les plus intéressées par le travail à distance ou dont les métiers s'y prêtent plus naturellement : informaticiens, commerciaux, fonctions support.
  - Mettre en place des formations à la conduite de réunions à distance, au management à distance et à la communication dans un environnement de travail dispersé.
- Encourager les initiatives par des témoignages de précurseurs :
  - Pour les télécentres, projets portés par la communauté d'Amsterdam ou le réseau de la ville de Washington. Prendre en compte les plus et les moins.
  - Pour une entreprise à dimension internationale, s'appuyer sur les pays dont la culture de travail à distance est la plus avancée, comme aux Etats-Unis, et favoriser le retour d'expérience des managers.
- Grands projets d'aménagement urbain, comme le Grand Paris : intégrer systématiquement une réflexion sur les solutions de non-mobilité telles le travail à distance et ses conséquences pour l'aménagement des territoires

**En résumé :**

**Afin de réduire les déplacements consommateurs d'énergie, et d'améliorer la qualité de la vie professionnelle, favoriser le déploiement de « télécentres » :**

- permettre le travail à distance à la fois des personnes en situation de télétravail et des professionnels nomades
- établir un guide reprenant les conditions d'interopérabilité et de cohérence avec l'entreprise et entre les réseaux de centres permettant un travail à distance « sans couture » et un véritable nomadisme, intégrés dans le fonctionnement nominal des entreprises et des administrations
- favoriser un soutien par les pouvoirs publics au démarrage des télécentres

**Etat exemplaire, vitrine du travail à distance :**

- utiliser les évolutions des modalités d'organisation du travail et de fonctionnement consécutives aux restructurations (distribution des activités sur plusieurs lieux et consolidation) pour encourager la pratique de la visioconférence : en première approche, une salle par entité administrative significative, notamment déconcentrée
- mettre en œuvre sans délai la circulaire Premier Ministre « Etat exemplaire » du 3 décembre 2008 (dont les actions de France Numérique 2012)

**Parallèlement, développer des solutions de télétravail à domicile utilisant le déploiement des réseaux domiciliaires**

## 6 - DEMATERIALISATION

La dématérialisation consiste à remplacer l'échange de documents écrits, coûteux en papier et en transports, par l'échange de fichiers électroniques. Les offres en matière de dématérialisation sont de plus en plus simples d'usage. Par ailleurs, les infrastructures et les architectures existent et sont diversifiées. Enfin, le secteur du logiciel en France est, autant techniquement qu'économiquement, de bonne qualité.

La fluidification des échanges et l'ubiquité obtenues grâce à la dématérialisation favorisent les usages des TIC et ont ainsi un effet carbone positif. Notons que la dématérialisation se comprend aussi comme dématérialisation du lieu de travail. Elle est un véritable accélérateur/facilitateur du travail à distance. En effet le travail à distance ne sera plus probant, efficace et possible que si les processus et les documents sont dématérialisés et donc accessibles en tout point. (cf. chapitre 5 sur le travail à distance). La dématérialisation permettra donc aux nouveaux modes de travail de s'imposer.

Il s'agit ici de voir comment aider à la diffusion des projets de dématérialisation. A ce titre, le Syntec Informatique a publié un livre vert « vision et recommandations sur le green IT et le développement durable », qui sera décliné en dix volumes thématiques donnant des recommandations concrètes aux décideurs en entreprise.

### **Etat exemplaire: utiliser l'effet levier des grands projets sous maîtrise d'ouvrage Etat ou collectivités territoriales**

Ces grands projets touchent un très grand nombre de personnes dans leur vie quotidienne, pour favoriser les usages, vulgariser, démythifier, et ainsi faciliter l'adoption de projets de dématérialisation dans la vie professionnelle.

### **Autres recommandations et observations :**

- Porter une attention particulière à la phase de conception

Recommander aux décideurs d'étudier l'impact sur les procédures (process), pour tirer le véritable bénéfice de la dématérialisation et de l'introduction des TIC. Utiliser en support la méthode du calcul de l'impact carbone du nouveau projet pour bien comprendre les interactions en jeu, et pour pouvoir les traiter et les optimiser. La métrique est importante. Elle reste à standardiser et à simplifier pour qu'elle soit utilisable par des non-spécialistes.

-Former les utilisateurs au passage en mode dématérialisé, ou partiellement dématérialisé, en les rendant attentifs aux possibles effets rebonds si des habitudes anciennes ne sont pas transformées (multiplication des impressions, double archivage papier et électronique). Mettre en évidence les freins.

-Développer, pour les offreurs de solutions, des compétences métier en plus des compétences techniques, pour mieux accompagner les clients. Un projet de

dématérialisation ne peut réussir que s'il intègre dès le départ les dimensions et les évolutions métier, techniques, économiques, juridiques, administratives, environnementales.

-Travailler aux interfaces entre métiers pour traiter les ruptures dans la chaîne de la dématérialisation.

**En résumé :**

**Généraliser la dématérialisation de l'ensemble des chaînes d'échanges d'informations, de contrats, ou de documents administratifs :**

- poursuivre la dématérialisation des documents administratifs quand le bilan environnemental et social est positif
- généraliser les outils d'indexation logique, d'authentification, d'interopérabilité et de recherche intelligente des documents électroniques
- s'accorder sur des standards d'échange des informations pour éviter toute rupture dans chacune des chaînes
- intensifier les actions de formation et d'accompagnement des structures et des utilisateurs finaux

## 7 - INFORMATIONS ET MOYENS D'ACTION DU CONSOMMATEUR

Fournir une information claire et simple au consommateur, que ce soit au moment de l'acte d'achat d'un produit de grande consommation, ou bien pour sa consommation électrique chez lui, a déjà un effet avéré sur son comportement, par la prise de conscience que cette information induit.

Pouvoir faire des comparaisons dans le temps, par rapport à des consommations précédentes, ou bien avec d'autres consommateurs de même profil, voisins proches ou sur des espaces plus larges, comme l'Europe, renforce cette prise de conscience et donne la possibilité d'identifier les zones de progrès et d'agir là où c'est le plus facile et le plus efficace.

Ce thème « informations et moyens d'action du consommateur » est à relier à deux autres thèmes « évaluation de l'empreinte carbone de l'entreprise », et « maîtrise de la consommation d'énergie ». Il est aussi à relier aux travaux de l'atelier 1.

### **Information/éducation du consommateur**

Tout le monde est d'accord pour constater une forte évolution des tendances de consommation : c'est le « mieux consommer », respectueux de l'environnement.

Les consommateurs sont désormais prêts à modifier leurs comportements d'une manière durable.

Il est indispensable de les y aider, en leur permettant d'accéder à une information accessible, fiable, crédible, vérifiable, permettant la comparaison et que chacun est en mesure d'approfondir s'il le souhaite ; cette accession à une telle information va lui permettre de faire des choix responsables d'achats et d'usages, en particulier dans les domaines des économies d'énergie et de la réduction des impacts environnementaux.

Les TIC doivent constituer le moyen d'accès privilégié à l'information des consommateurs, avec en particulier l'interactivité qu'elle permet.

Aujourd'hui, cette information est foisonnante, diverse et multiple et les consommateurs ne savent pas toujours comment la traiter. Ils ne savent pas toujours, face à un problème (d'achat, d'usage) qu'ils se posent, rechercher toutes les informations pertinentes, les analyser et les traiter, puis choisir et vérifier leur choix.

Il s'agit là d'un véritable besoin d'éducation à ces compétences transversales, que l'enseignement développe, certes, mais peut-être insuffisamment, à travers toutes les disciplines enseignées. Là également, l'usage des TIC et d'Internet s'imposent.

### **Rendre le consommateur/usager acteur du développement durable grâce à des supports ergonomiques**

Cet objectif couvre la lecture des étiquettes, la compréhension des affichages, dont l'affichage de la consommation électrique chez soi.

Il s'agit d'utiliser Internet et les outils du web 2.0 pour un affichage attractif pour l'utilisateur, qui le motive à faire évoluer ses comportements.

Le guide « L'éco-utilisateur, guide des bonnes pratiques de l'utilisateur informatique et télécoms » réalisé par Alliance TICs<sup>2</sup> donne des recommandations utiles.

Prendre en compte non seulement les émissions carbone liées au fonctionnement du produit, fixe pour un produit donné, mais aussi celles liées aux usages, diversifiés, du consommateur, pour pouvoir générer des modifications de comportements d'usage.

### **Utiliser les TIC pour l'affichage sur des supports variés et peu consommateurs de CO<sub>2</sub>**

Sélectionner un petit nombre d'indicateurs environnementaux, parlants pour le consommateur, permettant la comparaison entre produits, sur tout le cycle de vie du produit. Faire varier le niveau de détail de ces indicateurs, grâce aux TIC, de façon personnalisée, en fonction des centres d'intérêt de chaque consommateur.

### **Autres recommandations et observations**

- Renforcer la surveillance du marché et en particulier la lutte contre les produits contrefaits ou non conformes aux normes et réglementations.
- Tendre vers une comparaison des émissions de carbone par fonctionnalité offerte par le produit. Ceci est d'autant plus vrai pour les produits à forte teneur en innovation.
- Afficher l'évolution dans le temps des indicateurs : démarche de progrès continu engagée par tous les acteurs de la chaîne, du producteur au consommateur en passant par le distributeur.
- Les organismes de normalisation, comme l'AFNOR, travaillent à construire des méthodes communes avec les différentes parties prenantes. L'accord sur la méthode, la compréhension de ces méthodes de calcul, sont nécessaires. Par ailleurs, l'Ademe élabore un référentiel de bonnes pratiques ainsi qu'une base de données publiques
- Les TIC permettent la traçabilité, ce qui est un atout pour assurer la fiabilité de la démarche. Cette fiabilité dans le calcul et la comparaison s'obtient aussi par une approche progressive, allant du plus simple, comme l'étiquetage énergie, au plus complexe, comme l'affichage carbone.
- L'informatique permet de traiter un très grand nombre de données, et cela est nécessaire, car les émissions de CO<sub>2</sub>, rappelons-le, ne se mesurent pas avec des appareils. Elles se calculent. Et il y a de grandes quantités de produits de grande consommation, dont l'analyse de cycle de vie, pour chaque produit, manipule un grand nombre de données. Il y a souvent plusieurs fournisseurs pour un même code produit. Il faut donc pouvoir traiter l'information, industrialiser le calcul de l'impact environnemental, à un coût économiquement acceptable. Ainsi, sans les TIC, ces calculs de l'empreinte carbone ne seraient pas possibles. En conclusion, sans ces outils de mesure, il n'y aurait pas d'affichage possible

---

<sup>2</sup> <http://www.alliance-tics.org/dossiers/environnement/Guide%20éco-utilisateur/Guide%20de%20l'éco-utilisateur.htm>

Mentionnons enfin que ces informations sont indispensables à la mise en œuvre d'une taxe carbone, actuellement envisagée.

Autres points : le groupe a volontairement choisi de ne pas parler des impacts sanitaires. Certains sujets sont traités dans des instances existantes. A noter aussi que les TIC ont un impact positif sur l'ensemble de l'environnement (exemple de la mesure de la biodiversité)

**En résumé :**

**Informé l'utilisateur de la consommation d'énergie induite par ses comportements et lui donner tout moyen pour la contrôler :**

- informations sur sa consommation, récupérables sur tout écran
- gestion locale ou à distance de sa consommation résidentielle
- normalisation des interfaces concernées

## **1. Bâtiment et travaux publics**

**Promouvoir l'utilisation de la maquette numérique normalisée des bâtiments et des quartiers, tant dans la phase de conception que dans celle de l'exploitation, aux fins d'optimiser leur consommation d'énergie :**

- utilisation de la norme IFC/ISO sur le format de structuration des données
- formation des différents corps de métiers
- recommandation d'utilisation de la maquette numérique normalisée dans les marchés publics (Etat, collectivités locales, gestionnaires de parcs immobiliers publics, bailleurs sociaux) : Etat exemplaire

**Inciter les acteurs à définir la notion de réseaux « domiciliaires » et leurs interfaces avec les différents dispositifs concernés (notamment les « compteurs intelligents ») :**

- établissement de normes permettant une industrialisation à grande échelle, applicables aux réseaux locaux de quartier, d'immeuble, de locaux d'habitation et leurs interfaces, aux fins en particulier de permettre aux gestionnaires et aux utilisateurs de disposer de l'information sur l'état et la consommation des différentes sources d'énergie, et d'optimiser l'usage des matériels
- accompagnement de forums ouverts regroupant l'ensemble des secteurs d'activité concernés
- participation aux travaux communautaires
- expérimentations en vraie grandeur du recours à la norme

## **2. Maîtrise de la consommation d'énergie électrique**

**Favoriser la généralisation d'outils intelligents de mesure, d'affichage et de pilotage de la consommation énergétique des locaux d'habitation, bâtiments tertiaires et quartiers :**

- réseaux domiciliaires dont résidentiels permettant la circulation nécessaire des informations
- capteurs et équipements interconnectés selon des interfaces standardisées
- affichage simple des consommations par usage

**Amplifier la sensibilisation de la filière du bâtiment et des gestionnaires aux outils existants d'efficacité énergétique actifs**

**Faire connaître, quantifier les avantages et inciter les consommateurs à utiliser ces outils de mesure, d'affichage, et de pilotage**

**Favoriser des actions exemplaires de l'Etat, des collectivités locales et des gestionnaires publics et privés dans cette gestion éco-responsable**

### **3. Transport et logistique**

**Afin d'optimiser les transports de marchandises, et par là-même de réduire la consommation d'énergie, promouvoir la dématérialisation « sans couture » de l'ensemble de la chaîne d'information de la logistique :**

- renforcer la participation aux groupes de normalisation
- appliquer dès l'origine des standards internationaux
- intégrer l'ensemble des documents administratifs (notamment des douanes)

**Rendre compatibles les identifiants des étiquettes électroniques avec cette chaîne d'informations, afin d'obtenir la traçabilité complète des marchandises**

**Accompagner et former l'ensemble des entreprises de transport et de logistique à ces modèles et à leur utilisation dans le cadre d'un développement durable.**

**Favoriser la mutualisation de l'expression des besoins et de l'utilisation des ressources informatiques**

### **4. Evaluation de l'empreinte carbone de l'entreprise**

**Contribuer dans le contexte des travaux communautaires et internationaux à établir des outils de mesure permettant la comparaison entre entreprises et assurant la cohérence entre les différents maillons de la chaîne de production, de distribution et d'usage des TIC :**

- définir des méthodologies standardisées et prévoir leur mise à jour au rythme des évolutions technologiques
- promouvoir l'interopérabilité des systèmes d'informations concernés
- prendre en compte la dimension environnementale dans les progiciels d'entreprise

**A l'aide de ces systèmes de mesure, intégrer, dès que faire se peut, les évaluations de l'empreinte carbone des matériels et services TIC dans une étude d'impact globale sur le développement durable de l'économie et de la société :**

- les fédérations professionnelles représentant les TIC publieront d'ici la fin de l'année 2009 les résultats d'une étude qu'elles ont lancée dans ce domaine

## **5. Travail à distance**

**Afin de réduire les déplacements consommateurs d'énergie, et d'améliorer la qualité de la vie professionnelle, favoriser le déploiement de « télécentres » :**

- permettre le travail à distance à la fois des personnes en situation de télétravail et des professionnels nomades
- établir un guide reprenant les conditions d'interopérabilité et de cohérence avec l'entreprise et entre les réseaux de centres permettant un travail à distance « sans couture » et un véritable nomadisme, intégrés dans le fonctionnement nominal des entreprises et des administrations
- favoriser un soutien par les pouvoirs publics au démarrage des télécentres

**Etat exemplaire, vitrine du travail à distance :**

- utiliser les évolutions des modalités d'organisation du travail et de fonctionnement consécutives aux restructurations (distribution des activités sur plusieurs lieux et consolidation) pour encourager la pratique de la visioconférence : en première approche, une salle par entité administrative significative, notamment déconcentrée
- mettre en œuvre sans délai la circulaire Premier Ministre « Etat exemplaire » du 3 décembre 2008 (dont les actions de France Numérique 2012)

**Parallèlement, développer des solutions de télétravail à domicile utilisant le déploiement des réseaux domiciliaires**

## **6. Dématérialisation**

**Généraliser la dématérialisation de l'ensemble des chaînes d'échanges d'informations, de contrats, ou de documents administratifs :**

- poursuivre la dématérialisation des documents administratifs quand le bilan environnemental et social est positif
- généraliser les outils d'indexation logique, d'authentification, d'interopérabilité et de recherche intelligente des documents électroniques
- s'accorder sur des standards d'échange des informations pour éviter toute rupture dans chacune des chaînes
- intensifier les actions de formation et d'accompagnement des structures et des utilisateurs finaux

## **7. Informations et moyens d'action du consommateur**

**Informé l'utilisateur de la consommation d'énergie induite par ses comportements et lui donner tout moyen pour la contrôler :**

- informations sur sa consommation, récupérables sur tout écran
- gestion locale ou à distance de sa consommation résidentielle
- normalisation des interfaces concernées