

LIVRE BLANC

LES INDICATEURS DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE
ET ENVIRONNEMENTALE DES DATA CENTERS



Une production conjointe de :







SOMMAIRE

1	Les auteurs	4
2	Préface	5
3	Introduction	6
4	Le groupe de travail et les organisations contributrices	7
5	Glossaire	10
6	La normalisation	11
7	Les enjeux environnementaux des Data centers	14
8	Méthode	18
9	Comment suivre la performance environnementale ?	19
10	Comment communiquer en évitant le Greenwashing ?	20
11	Les bonnes pratiques et leviers d'amélioration	21
12	Conclusion	25
13	Modèles décentralisés	27
14	Unités et facteurs influents	28
15	Energie	36
16	Eau	51
17	Fin de vie	55
18	Ressources	62
19	Gaz à effet de serre	64
20	Approche cycle de vie	68
21	Pour en savoir plus	74

1 LES AUTEURS

PILOTES DU GROUPE DE TRAVAIL

NEUTREO	Caroline	VATEAU
ENGIE	Eric	ARBARETAZ

CONTRIBUTEURS

AGIT	Thomas	MESPLEDE
ADEME	Alain	ANGLADE
APL France	Christophe	WEISS
INNEASOFT	Thierry	CHENAVAS
CAP INGELEC	Ahmed	AHRAM
CELESTE	Nicolas	AUBÉ
GDS ECOINFO	Xavier	CANEHAN
DATA 4	Jérôme	TOTEL
ECOLOGIC	Romuald	RIBAUT
EDF	Jérôme	CROS
ETIX EVERYWHERE	Benoît	PARISSE
ETIX EVERYWHERE	Frédéric	BOUCHEZ
GIMELEC	André	ROUYER
GIMELEC	Nicolas	SAMMAN
GIMELEC	Valérie	PETAT
GREENVISION	Tristan	LABAUME
GrDF	José	GUIGNARD
GrDF	Daniel	LHERITIER
INTERXION	Bruno	FOREST
INTERXION	Dominique	COLAS
JERLAURE	Anne-Laure	GREMAUD
NEW GENERATION	Stéphane	LEDERLE
NEW GENERATION	Jean-Claude	HARDY
SOCOTEC	Prosper	AMOYAL
SPIE	Philippe	PEZET
STIMERGY	Christophe	PERON
WATT DESIGN	Sylvie	BOUDOUX



©Toute information ou extrait issu(e) du présent document et utilisé(e) dans une publicité, communiqué de presse ou matériel promotionnel de quelque nature que ce soit doit faire l'objet d'une approbation écrite préalable tripartite de l'AGIT, de France Datacenter et du Gimélec, qui doit être demandée en écrivant à contact@alliancegreenit.org. Tout autre usage devra faire référence spécifique à AGIT-France Datacenter- Gimélec avec un lien hypertexte vers le présent document.

2 PRÉFACE

La normalisation en avril 2016 par l'ISO de la mesure du principal indicateur environnemental des Data centers, le PUE, a permis de définir des bases communes de mesure et de communication sur cet indicateur. Mais cette évolution a également suscité d'autres questions autour du thème :

« COMMENT MESURER LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE DES DATA CENTERS ? »

Avant de répondre cette question, on peut s'interroger sur la nécessité de la mesurer la performance environnementale des Data centers.

A ceci, on peut répondre par la citation de Lord Kelvin, physicien britannique à l'origine de l'échelle de température du même nom

« IF YOU CANNOT MEASURE IT, YOU CAN NOT IMPROVE IT ».

Il est essentiel de mesurer et d'améliorer en continu la performance environnementale des Data centers qui de par leur activité sont naturellement de gros consommateurs d'énergie mais également de manière indirecte d'eau, de ressources pour pouvoir garantir le fonctionnement continu de nos systèmes d'information.

La mesure permet le suivi le suivi et l'amélioration de la performance et donc pour délivrer des services équivalents de maîtriser les impacts environnementaux et de réduire les coûts d'exploitation.

Parce qu'un affichage de la performance transparent et conformément aux normes et standards, c'est se prévenir du Greenwashing. Une fois ces constats fait on peut se demander comment mesurer la performance environnementale.

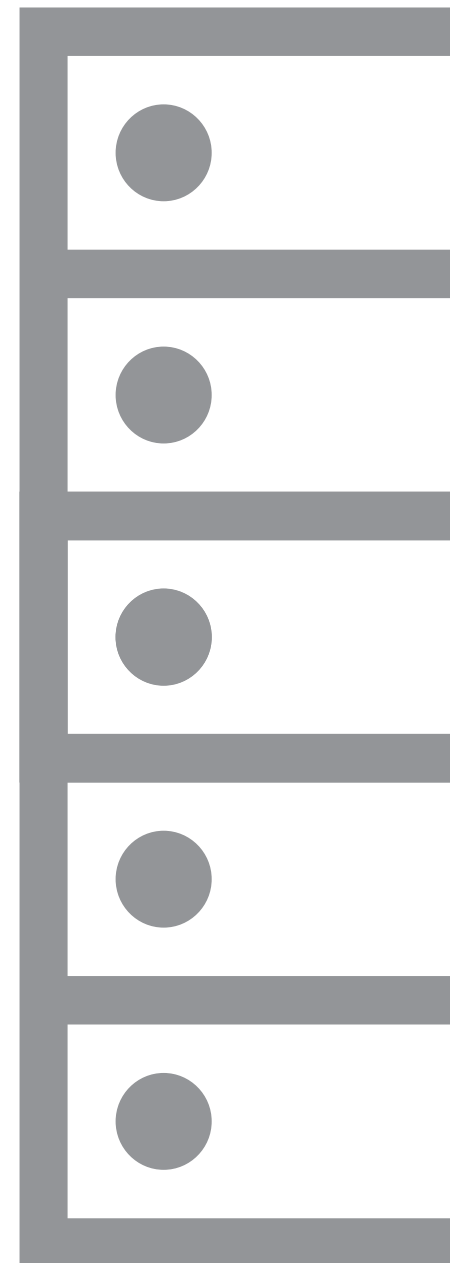
Vaste question relative à des infrastructures ayant un niveau d'instrumentation très hétérogène d'un site à l'autre et selon les pays, celui-ci pouvant aller de quelques équipements de mesure à plusieurs milliers selon les sites.

Parmi toutes ces mesures, lesquelles sont pertinentes d'un point de vue environnemental et quels indicateurs calculer ? Heureusement une multitude de publications, normes et bonnes pratiques existent sur le sujet, que ce soit à l'échelle européenne ou internationale et on constate rapidement que les enjeux environnementaux des Data centers ne se limitent pas à l'énergie.

Ce Livre Blanc est le fruit d'un travail collaboratif entre l'Alliance Green IT, France Datacenter et le Gimélec, il a été rédigé dans le but de proposer un outil opérationnel décryptant à la fois les normes et bonnes pratiques existantes mais en explicitant comment calculer les KPI et comment faire les mesures des paramètres associés.

Parce que la performance environnementale va de pair avec la performance technique, nous proposons ici une méthode pour constituer le « **carnet de santé environnemental** » d'un Data center.

Caroline VATEAU et Eric ARBARETAZ





3 INTRODUCTION

L'énergie représentant la principale charge en phase d'exploitation d'un Data center (Si l'on exclut la partie informatique et les dotations aux amortissements) et peut représenter jusqu'à 75% des coûts d'exploitation. C'est une des raisons majeures qui fait qu'historiquement la performance technique et environnementale s'est concentrée sur l'amélioration de la performance énergétique tout en garantissant la continuité de service.

Maintenant si l'on souhaite aborder les impacts environnementaux des Data center, il est important d'introduire de nouvelles notions telles que la prise en compte des consommations d'eau, les émissions de gaz à effet de serre, la production de déchets.

Par ailleurs, afin d'être objectif, il est important de mesurer les impacts environnementaux directs qui ont lieu sur le site mais aussi les impacts indirects qui ont lieu en amont et en aval du Data center.

Pour être exhaustif et afin d'associer les acteurs de la chaîne de valeur à l'amélioration de la performance environnementale, il est essentiel d'élargir la mesure de la performance environnementale à la couche informatique et aux services numériques qui sont délivrés par le Data center.

Dans le présent livre blanc, nous allons présenter quels sont les enjeux environnementaux des Data centers et quels sont les principaux indicateurs existants.

Ensuite, nous détaillerons comment suivre la performance environnementale et comment communiquer en évitant le greenwashing et pour finir, nous expliquerons dans quelle mesure le Data center peut être un levier d'optimisation des systèmes d'information.

L'ensemble des indicateurs mentionnés dans le livre blanc est détaillé en annexe.

4 LE GROUPE DE TRAVAIL ET LES ORGANISATIONS CONTRIBUTRICES

4.1 UN TRAVAIL COLLABORATIF INTER-ORGANISATIONS

L'alliance Green IT (AGIT), le Gimélec et France Datacenter ayant des pôles d'expertise complémentaires sur l'évaluation de la performance des Data centers, ces trois organisations ont choisi de mettre en commun leurs énergies en créant le groupe de travail transverse qui est à l'origine du présent livre blanc.

Les 29 experts mobilisés sont issus d'organisations représentant non seulement tous les métiers liés aux Data centers mais également tous les types de Data centers. Les secteurs d'activités et domaines d'expertises sont repris dans le schéma suivant.



4.2 ALLIANCE GREEN IT

En 2011, les acteurs du secteur du numérique engagés dans la filière Green IT ont choisi de se structurer en se regroupant au sein de l'Alliance Green IT (AGIT). Les actions et travaux de l'Alliance Green IT visent tous les acteurs de la chaîne de valeur du secteur numérique : des producteurs d'équipements aux utilisateurs en incluant les bureaux d'études, les éditeurs logiciels, centres informatiques et infrastructures réseaux et sociétés en charge de la fin de vie.

Sont également adhérents des écoles d'enseignement supérieur, des fédérations et syndicats professionnels ainsi que d'autres associations.



L'AGIT a pour mission de « fédérer les acteurs du Green IT pour contribuer au débat public sur la place des TIC dans le développement durable, promouvoir le développement des compétences dans les organisations et les accompagner dans l'identification et le partage des bonnes pratiques ».

Cette mission se décline en plusieurs objectifs pour aider les organisations à passer rapidement et efficacement à l'action.

- Éduquer les organisations (entreprises, collectivités, etc.) aux enjeux des TIC éco-responsables ;
- Participer à la création des futures normes et réglementations ;
- Promouvoir les éco-innovations de rupture ;
- Identifier et partager les bonnes pratiques pour accélérer leur adoption ;
- Lutter contre le greenwashing.

Grace à l'expertise de ses membres et à la reconnaissance de ses travaux, l'AGIT est aujourd'hui l'association de référence sur le Green IT en France et dans le monde francophone.

4.3 FRANCE DATACENTER



Depuis 2008, France Datacenter représente et assure la promotion de la filière Data center en tant que garant de la performance et de la fiabilité de l'économie numérique en France. L'association regroupe aujourd'hui plus d'une centaine de sociétés qui conçoivent, construisent et exploitent des Data centers.

Nos principales missions consistent à formaliser les savoirs et le développement des compétences, à assurer une veille sur l'actualité de la filière, et à permettre le transfert des meilleures pratiques vers l'ensemble des professionnels du Data center ; lequel est un outil critique pour l'activité et le développement des entreprises en France. L'enjeu est de valoriser toute la filière et de défendre ses intérêts en tant qu'industrie à part entière, et de la rendre plus compétitive face à la concurrence de nos voisins européens au regard notamment du cadre fiscal et réglementaire.

Parmi nos membres, des leaders internationaux viennent apporter leur expertise, tels que :

3M, APL, Atos, Bachmann, BNP Paribas, Bouygues Energies & Services, Cap Ingelec, CIV, Cleansoft, Corning, Data', Deerns, Eaton, Eneria, Etix Everywhere, Global Switch, Hewlett Packard Entreprise, Hawei, Interxion, JLB Data, K-Technologies et Services, Linkcity, Minkels, Module IT, Neutreo, Paprec, Pebeco Bretagne, R&M, Raritan, Rosenberger Osi, Schneider Electric, Siemens, SNEF, Socomec, Tibco, Vertiv, Wattdesign, Yuasa

4.4 GIMELEC



Le Gimélec fédère 180 entreprises qui fournissent des solutions de gestion optimisée de l'énergie et des procédés pour les marchés des Data centers, de l'énergie, du bâtiment, de l'industrie et des infrastructures.

Les entreprises du Gimélec emploient 68 000 personnes en France où elles génèrent un chiffre d'affaires de 12 milliards d'euros dont 60% à l'export. Face aux objectifs ambitieux de la France et de l'Europe en matière d'économies d'énergie et de réduction des émissions de CO², les entreprises du Gimélec s'inscrivent dans une politique industrielle durable en proposant des produits, équipements, systèmes et solutions pour :

- l'éco-performance des infrastructures du numérique,
- le pilotage sécurisé et énergétiquement efficace des procédés industriels,
- la gestion de la performance énergétique des bâtiments,
- le développement de réseaux électriques sécurisés et intelligents (smart grid),
- le raccordement et la gestion des énergies renouvelables,
- le déploiement du véhicule électrique.

Le Comité de Marché Infrastructures du Numérique du Gimélec réunit les constructeurs leaders sur le marché, qui travaillent ensemble pour améliorer l'efficacité énergétique des Data centers et promouvoir le rôle majeur de cette infrastructure dans le contexte de la numérisation de l'économie. Ses membres sont : ABB, Eaton, Legrand, Rittal, Schneider Electric, Siemens, Socomec et Vertiv.



5 GLOSSAIRE

AC : Alternative Current
ACE : Availability Capacity Efficiency
ACU : Armoire de Climatisation
AFNOR : Agence Française de Normalisation
AGIT : Alliance Green IT
ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
ASI : Alimentation Sans Interruption
BBC : Bâtiment Basse Consommation
BGES : Bilan des émissions de gaz à effet de serre
BT : Basse Tension
CAPEX : Capital Expenditure
CEF : Carbon Efficiency Factor
CEN : Comité Européen de Normalisation
CENELEC : Comité Européen de Normalisation en électronique et électrotechnique
CER : Cooling Effectiveness Ratio
CERFA : Centre d'Enregistrement et de Révision des Formulaires Administratifs
CMDB : Configuration Management Database
COP : Coefficient Of Performance
CPU : Central Processing Unit
CUE : Carbon Usage Effectiveness
DC : Direct Current
DCEM : Data Centre Energy Management
DCIE : Data center Infrastructure Efficiency
DCIM : Data center Infrastructure Management
DCp : Data center Performance
DEEE : Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques
DSI : Direction des Services Informatiques
EEE : Equipements Électriques et Électroniques
ELCD : European reference Life Cycle Database
EMAS : Eco Management and Audit Scheme
ERE : Energy Reuse Efficiency
ETSI : European Telecommunications Standards Institute
EU : Union Européenne
EWIF : Energy Water Intensity Factor
Equipements IT : Equipements informatiques et télécom
FDV : Fin de vie
FE : Facteur d'Emission
GES : Gaz à effet de serre
GMAO : Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur
HTA : Haute Tension

HPC : High Performance Computing
HQ : Haute Qualité
IEC : International Electrotechnical Commission
IR : Infra-rouge
ISO : International Standardization Organization
IT : Information Technology
ITC : Information and Communication Technology
ITEEs^v : IT Equipement Energy Efficiency for servers
ITIL : Information Technology Infrastructure Library
ITU : International Telecommunication Union
JRC : Joint Research Center
KPI : Key Performance Indicator
LEED : Leadership in Energy and Environmental Design
NF : Norme Française
NF HQE : Norme Française Haute Qualité Environnementale
OMC : Organisation Mondiale du Commerce
ONU : Organisation des Nations Unies
OPEX : Operational Expenditure
PDCA : Plan Do Check Act
PDU : Power Distribution Unit
PI : Performance Indicator
PRA : Plan de reprise d'activité
PUE : Power Usage Effectiveness
dPUE : PUE de conception
iPUE : PUE interim
pPUE : PUE partiel
RAM : Random Access Memory (Mémoire vive)
REF : Renewable Energy
REP : Responsabilité Élargie des Producteurs
SAAS : Software As A Service
SEER : Seasonally adjusted Energy Efficiency Ratio
SI : Système d'information
SLA : Service Level Agreement
SWOT : Strengths Weaknesses Opportunities Threats
TCO : Total Cost of Ownership
TD : Tableau de Distribution
TDHQ : Tableau Général Basse Tension
TGG : The Green Grid
TIC : Technologies de l'information et de la communication
UPS : Uninterruptible Power Supply
USA : États-Unis
WUE : Water Usage Effectiveness

6 LA NORMALISATION

Bon nombre d'indicateurs de performance énergétique et environnementale des Data centers sont issus de normes. Nous détaillons dans ce chapitre le processus de normalisation ainsi que les principaux organes qui éditent les normes s'appliquant aux Data centers.

6.1 BONNES PRATIQUES, NORME, RÉGLEMENTATION, MARQUE, CERTIFICATION ?

Une **norme** est un document de référence rédigé par un ensemble de parties prenantes et publié par un organisme de normalisation.

Les normes définissent des exigences, des spécifications, des lignes directrices ou des caractéristiques à utiliser systématiquement pour assurer l'aptitude à l'emploi des matériaux, produits, processus et services. Ces outils permettent d'avoir un langage commun entre les pays et les organisations car les normes sont généralement le fruit d'un consensus à l'échelle de plusieurs pays. Il existe des normes techniques décrivant des exigences s'appliquant à des équipements ou installations et des normes de management s'appliquant au fonctionnement de l'organisation. Les normes sont d'application volontaire, sauf dans le cas où elle sont mentionnées dans des exigences réglementaires, elles deviennent alors d'application obligatoire, c'est par exemple le cas de la norme ISO 50001 à laquelle la Directive Européenne sur l'efficacité énergétique fait référence.

La **certification** est la preuve de la conformité à un référentiel, elle est obtenue suite à une vérification (audit) par un organisme de certification qui est un tiers expert neutre.

Une **marque** est la propriété d'une organisation, l'attribution de la marque se fait suite à des vérifications par des experts neutres de la conformité par rapport à un référentiel.

Une entreprise peut faire certifier ses produits ou systèmes de management soit par rapport à une norme comme ISO 50001 soit par rapport à une marque comme NF, sous réserve qu'un organisme de certification ait validé la conformité au référentiel. La certification est une garantie permettant d'accéder à des marchés.

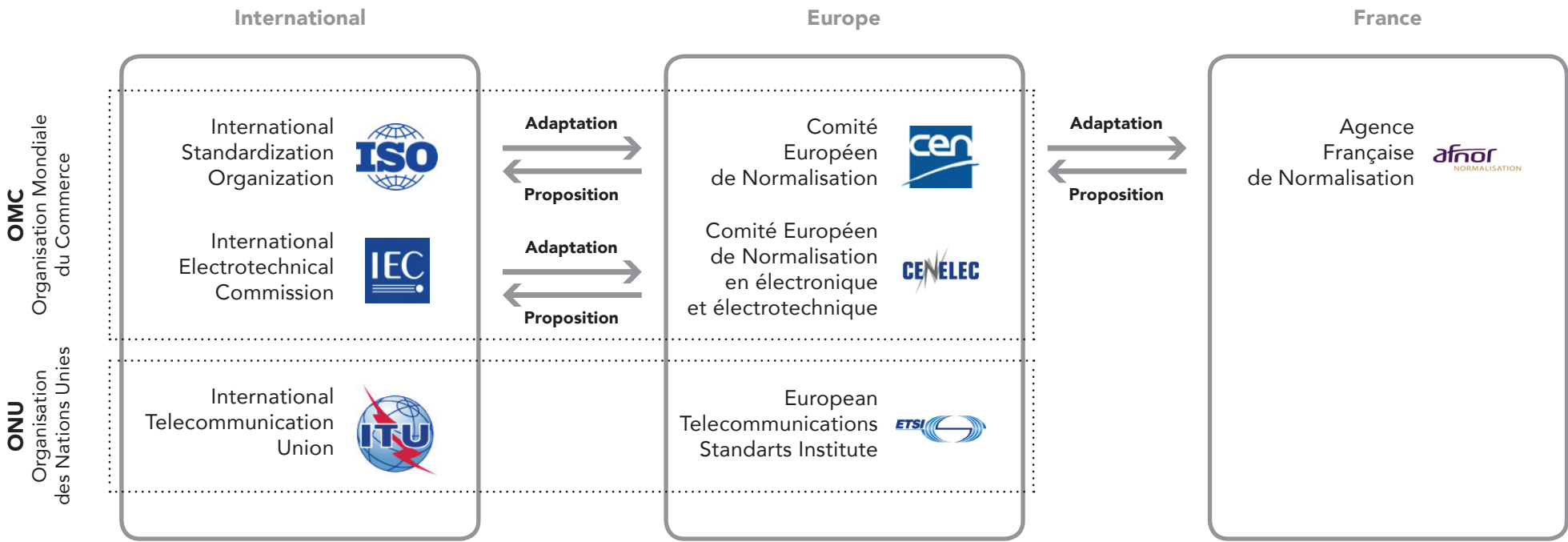
Une norme ou un recueil de bonnes pratiques peut devenir obligatoire lorsqu'il est repris dans des exigences réglementaires (décret, arrêté, règlement).

Un fournisseur peut décider de concevoir tous ses produits et ses services en fonction des normes internationales en tant que « bon citoyen » et avoir ainsi accès à tous les marchés au plan international.

EXEMPLE	
Bonnes pratiques	UE Code of Conduct for datacenter Livre blanc sur l'Ecoconception de Services Numériques de l'Alliance Green IT
Norme	EN 50600 : Installation et infrastructures de centres de traitement de données ISO 14001 V2015 : Systèmes de Management de l'Environnement ISO 50001 V2011 : Système de management de l'énergie ISO/CEI 30134-2 Power Usage Effectiveness NF EN 62040-3 Mars 2012 : Alimentations sans interruption (ASI) Partie 3 : méthode de spécification des performances et exigences d'essais ISO 14062 v2002 : Intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement de produits
Normes certifiables	ISO 14001 ISO 50001
Marque et label	NF® BBC® Bream® LEED® NF HQE® Afaq-Démarche écoconception®
Réglementation	Obligatoire : L'arrêté du 22 octobre 1969 rend obligatoire l'application de la norme C15 100 Installations électriques à basse tension Incitative : Le décret n° 2014-1393 du 24 novembre 2014 exempte d'obligation d'audit énergétique

6.2 LES ORGANISMES DE NORMALISATION

Les principaux organismes de normalisation et leurs connexions à l’échelle internationale, européenne et française sont représentés dans le schéma suivant.



Chaque organisme a son fonctionnement et sa gouvernance propre.

Au niveau européen, le groupe de travail **TC 215** du Cenelec (Electrotechnical aspects of telecommunication equipment) est à l’origine des normes de la série 50600 « Installation et infrastructures de centres de traitement de données ».

Les normes environnementales sont souvent traitées d’une façon transverse par les trois organismes CEN, CENELEC, ETSI et nous assistons donc de plus en plus fréquemment à la mise en place de groupes joints ou de groupes de coordination tels que les suivants :

Groupes de travail conjoints		Exemples de publications
ISO/IEC	JTC 1/SC 39 Sustainability for and by information technology	ISO/IEC30134 Technologies de l’information - Centres de données - Indicateurs de performances
CEN/CENELEC/ETSI	Coordination Group on Green Data Centres	Standardisation landscape and environmental viability of data centres

Le processus de développement s'en trouve légèrement allongé mais de fait beaucoup plus consensuel avec une harmonisation globale au niveau des différents marchés et applications.

Il est important de noter qu'à chaque niveau de normalisation, national, européen, international, il y a une forte présence des parties prenantes afin d'influencer les normes. La participation aux instances de normalisation est essentielle afin de peser à l'échelle internationale.

Il existe évidemment d'autres organismes de normalisation (USA, Chine....) et dans certains cas ces organismes peuvent gérer les normes s'appliquant aux Data centers comme c'est le cas pour les systèmes de refroidissement dont les normes de référence sont éditées par l'organisme américain ASHRAE.

Par ailleurs, des associations nationales comme l'AGIT et internationales telles que The Green Grid œuvrent pour définir et diffuser des guides sur les bonnes pratiques.

Le Joint Research Center de la Commission Européenne est à l'origine du Code de Conduite européen sur les Data centers.

<http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/ict-codes-conduct/data-centres-energy-efficiency>

Le UE Code of Conduct for Data center évolue d'année en année en intégrant les remarques des entreprises participant et l'évolution des technologies.

L'ensemble des bonnes pratiques environnementales relatives aux Data centers et aux réseaux de télécommunication a été intégré dans le cadre du recueil du Joint Research Center sur le déploiement du règlement EMAS au secteur TIC.

Ce qu'il faut retenir concernant les Data centers

- Il existe plusieurs organismes de normalisation à l'échelle nationale, européenne et internationale
- Il y a de plus en plus de passerelles entre ces organismes et des groupes de travail conjoints
- Il est important de participer ou d'être représenté dans les instances de normalisation
- Les principales normes et référentiels s'appliquant aux Data centers sont :
 - EN 50600 : Installation et infrastructures de centres de traitement de données
 - Joint Research Center de la Commission Européenne - UE Code of conduct for Data center,
 - Joint Research Center de la Commission Européenne - Best Environmental Management Practice in the Telecommunications and ICT Services Sector,
 - ISO 14001 V2015: Système de Management de l'Environnement (norme généraliste certifiable),
 - ISO 50001 v2011: Système de Management de l'Energie (norme généraliste certifiable)
 - Séries CEN/ ISO 30 134 : Centre de données – Indicateurs de performance clé

7 LES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX DES DATA CENTERS

Un Data center fournit un espace dédié à l'hébergement des équipements informatiques qui composent la partie centralisée du système d'information des organisations.

Les systèmes d'information étant un élément vital au fonctionnement des organisations et les équipements informatiques ayant des contraintes particulières de fonctionnement, les Data centers sont conçus dans le double objectif de maintenir des conditions environnementales compatibles avec le fonctionnement des équipements informatiques et de garantir un fonctionnement continu sans interruption, le tout dans une enceinte sécurisée.

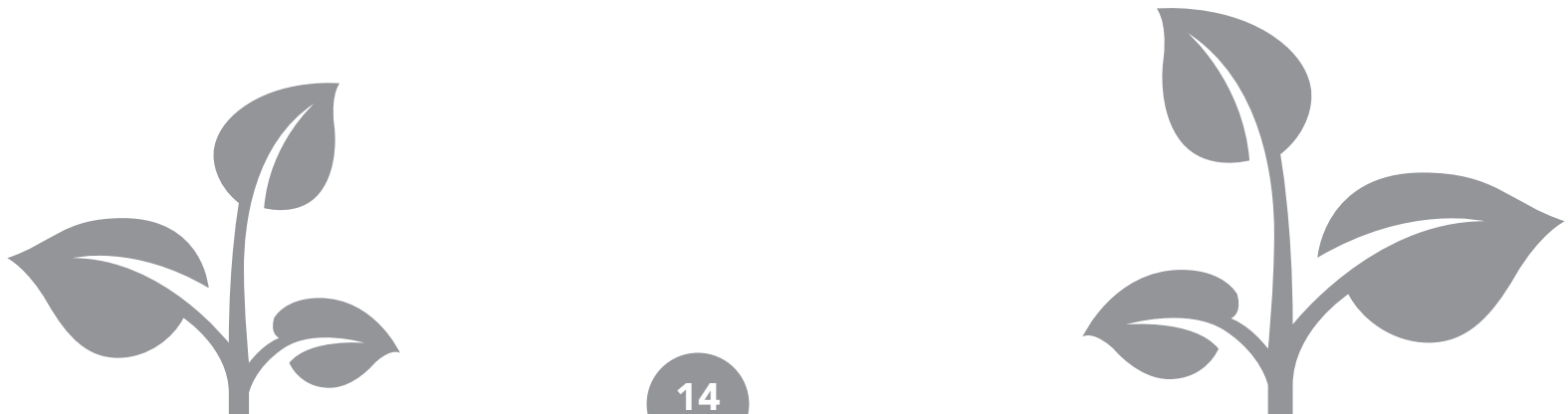
La définition du datacenter est détaillée dans les normes EN 50600 et IEC30164, un datacenter comporte...

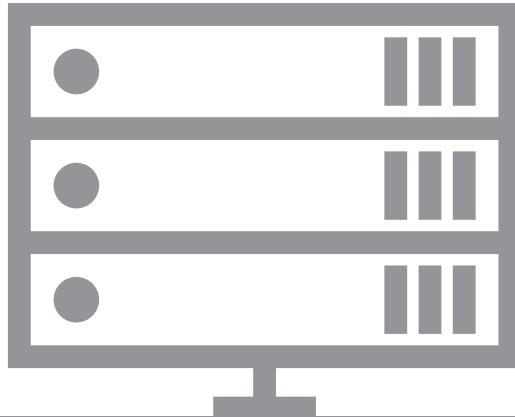
- Des espaces dédiés à l'hébergement, l'interconnexion et l'utilisation d'équipements informatiques et de télécommunication. Ces équipements délivrent des services de calcul, stockage et transport de données.
- Des espaces dédiés aux infrastructures techniques associées aux process suivants
 - Transformation et sécurisation de l'électricité
 - Climatisation (production de froid et traitement d'air)
 - Sécurité et sûreté
 - Secours électrique
- Des espaces tertiaires dédiés à l'accueil, et quelques bureaux dédiés au Data center
- des espaces dédiés à la logistique (quai de livraison, déballage, préparation, stockage, déchets)

Le dimensionnement des équipements (nombre et taille) est défini pour répondre à un niveau de disponibilité de service.

Les équipements informatiques installés dans le Data center, associés aux infrastructures réseaux et aux terminaux composent le système d'information des organisations.

Les Data centers peuvent être très différents les uns des autres et avant de faire une comparaison hâtive sur la valeur des indicateurs mesurés, il convient de prendre en compte les éléments suivants caractérisants :





Activité

Un Data center peut avoir une ou plusieurs activités :

- Data center interne d'entreprise
- Data center d'hébergement en colocation
- Data center d'hébergement de services de cloud computing
- Data center de calcul intensif

Classe de disponibilité (tiering)

La disponibilité d'un Data center est définie par la formule suivante :

$\text{Disponibilité} = \frac{\text{Temps moyen entre les ruptures de services}}{\text{Temps moyen entre les ruptures de service} + \text{temps moyen de rétablissement}}$

Le niveau de disponibilité choisi en phase de conception détermine la redondance des équipements de l'infrastructure mise en place

Superficie (m2)

Un Data center peut avoir une superficie dédiée à l'hébergement allant de quelques dizaines de mètres carrés inclus dans un bâtiment (on parle alors de salle informatique) jusqu'à plusieurs dizaines de milliers de mètres carrés (Data center géant). Entre ces deux extrêmes toutes les situations sont rencontrées et répondent à des besoins différents.

Densité électrique (kW/baie, kVA/baie)

La densité exprimée en kW ou kVA par baie définit la puissance maximale qui pourra être utilisée par les équipements informatiques au sein d'une baie informatique.

La densité peut aller de quelques kW à plusieurs dizaines de kW (cas de la haute densité).

Localisation

La localisation géographique et les conditions climatiques influent sur la performance du Data center, à la fois par la caractérisation de l'air neuf (plus ou moins chaud, plus ou moins humide) et sur le potentiel d'utilisation des énergies renouvelables (source d'énergie renouvelable disponible à proximité, temps d'utilisation du freecooling).

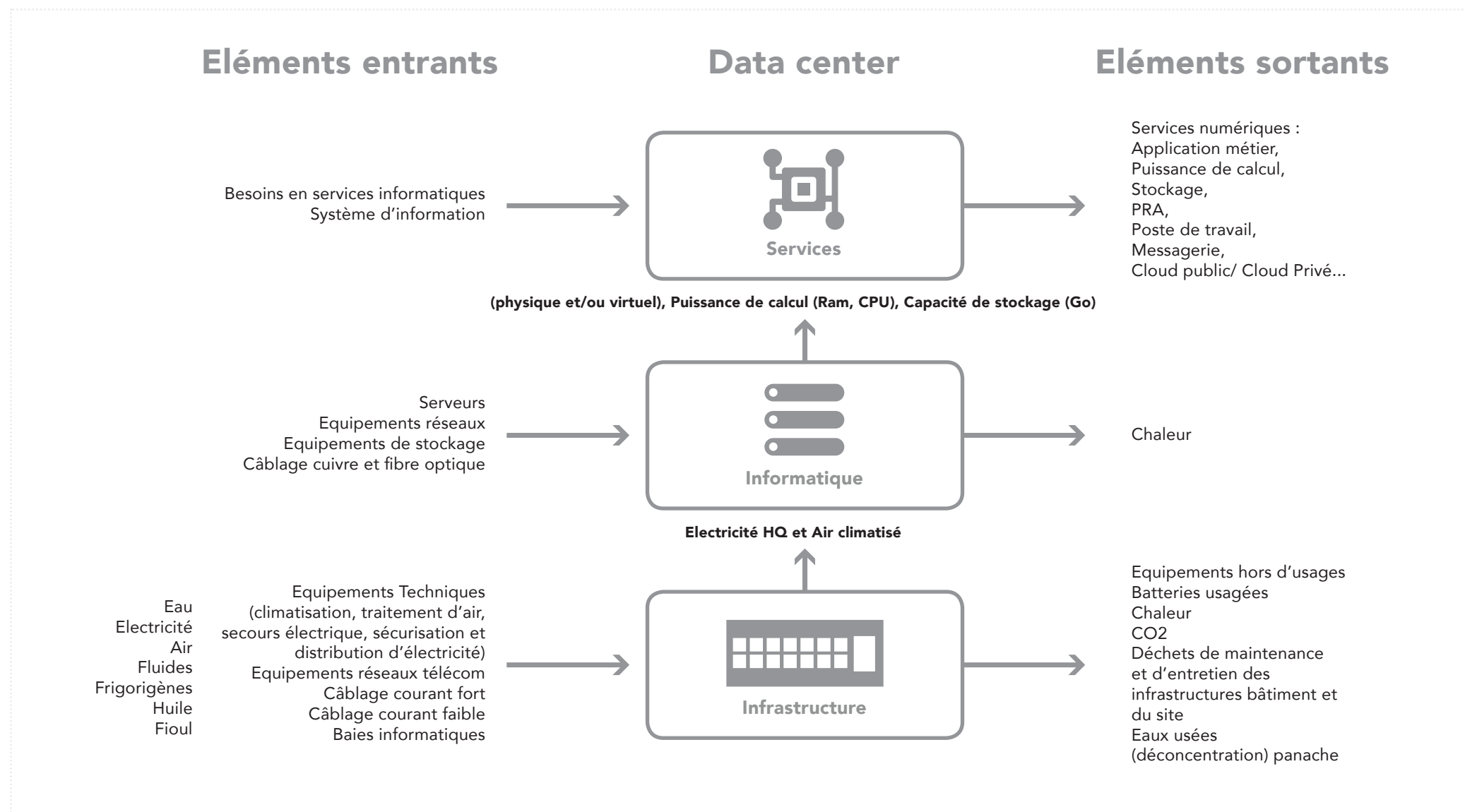
Plusieurs référentiels définissant les niveaux de disponibilité des Data centers et les infrastructures associées ont été publiés ces dernières années tels que les standards américains ANSI/TIA-942 et BICSI 002.

Au niveau européen, le CENELEC préconise de se référer aux normes de la série EN 50600.

	Availability of overall set of facilities and infrastructures			
	Low	Medium	High	Very high
	AVAILABILITY CLASS			
	1	2	3	4
Infrastructure				
Power supply/ distribution EN 50600-2-2	Single-path (no redundancy of components)	Multi-path (resilience provided by redundancy of systems)	Multi-path (resilience provided by redundancy of systems)	Multi-path (fault tolerant even during maintenance)
Environmental control EN 50600-2-3	No specific requirements	Single-path (no redundancy of components)	Single-path (resilience provided by redundancy of components)	Multi-path (resilience provided by redundancy of systems), allows maintenance during operation
Telecommunications cabling EN 50600-2-4	Single-path using direct connections	Single-path using fixed infrastructure	Multi-path using fixed infrastructure	Multi-path using fixed infrastructure with diverse pathways

Les classes de disponibilité selon la norme EN 50600

D'un point de vue environnemental, le Data center concentre de nombreux flux entrants et sortants permettant d'assurer son fonctionnement. Le schéma ci-dessous représente les principaux flux dissociés selon qu'ils soient associés à la partie « infrastructure », « informatique » ou « services ».



8 MÉTHODE

Un travail bibliographique a mis en lumière un grand nombre d'indicateurs de performance du Data center, dans le cadre du livre blanc, un filtre a été appliqué afin de ne considérer que les indicateurs associés à la performance environnementale.

Nous avons classé ces indicateurs selon 4 critères qui sont détaillés ci après: source, type d'indicateur, activité du Data center concerné et impact environnemental évalué.

Source :

- Indicateur **normalisé** ou précisé par des **exigences réglementaires**
- **Indicateur en cours de normalisation** ou en considération par les comités de normalisation
- Indicateur ayant fait l'objet d'une **publication**
- Indicateur issu des bonnes pratiques et des **tendances**

Typologie d'indicateur :

- **Indicateur mesuré** : il s'agit d'indicateurs de flux physiques mesurés au sein du Data center, généralement ces éléments servent aux calculs des indicateurs de performance
- **Indicateur calculé** : il s'agit d'indicateurs de performance calculés en utilisant les KPI mesurés, généralement ces éléments sont un ratio entre un flux physique et une unité de référence du Data center ou d'indicateurs d'impacts comme l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre.
- **Indicateur global** : il s'agit d'une agrégation de plusieurs indicateurs

Partie du Data center concernée :

- **Niveau Infrastructure** : l'indicateur s'applique à la partie « technique » du Data center qui regroupe les process de climatisation, secours électrique, sécurisation et distribution d'électricité et sécurité/sûreté, l'indicateur pourra s'appliquer à un process spécifique ou à un ensemble de process.
- **Niveau Informatique** : l'indicateur s'applique aux équipements informatiques et télécom installés dans le Data center
- **Niveau Service** : l'indicateur s'applique aux services délivrés par les équipements informatiques du Data center, les services varient fortement d'un Data center à l'autre, mais on peut citer les activités suivantes : calcul intensif, traitement et stockage de données, sachant que ces activités peuvent se déployer sur de nombreux usages (applications métiers, ERP, outils collaboratifs, services de cloud computing, unité de service fourni par une application en mode SAAS...).
- Les différentes parties du datacenter sont définies dans la norme IEC 30134.

Impact environnemental :

Les enjeux environnementaux des Data centers sont souvent réduit aux consommations d'énergie en phase d'usage, cependant, si l'on souhaite mesurer et suivre l'évolution de la performance environnementale d'un Data center, il convient d'étudier plusieurs impacts afin d'éviter les transferts de pollution.

- **Energie**
- **Eau**
- **Déchets, Ressources**
- **Gaz à effet de serre**

Il est également préférable de considérer ces impacts lors des différentes étapes du cycle de vie des équipements (fabrication, utilisation, fin de vie). Certains indicateurs notamment ceux ayant fait l'objet de normalisation ont été détaillés dans une fiche spécifique en annexe du Livre blanc.

9 COMMENT SUIVRE LA PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE ?

Comme vu précédemment, la littérature est prolixe en indicateurs, cependant, l'objectif pour un opérateur de Data center n'est pas de suivre la totalité des éléments décrits dans le document, mais de sélectionner les plus pertinents au regard de son contexte et de les intégrer dans le pilotage du Data center.

Attention, la mesure ne suffit pas, elle doit être accompagnée d'actions, la mesure permet de constater les impacts des actions ou d'anticiper les actions à mettre en place par une analyse des tendances.



1. Le choix doit être réalisé en tenant compte de l'activité du site, de ses enjeux et des équipements de mesure existants et à éventuellement déployer.
 - Afin d'éviter les mauvaises interprétations liées aux transferts de pollution, il est conseillé d'intégrer des indicateurs correspondant à plusieurs enjeux environnementaux (eau, énergie, GES...)
 - Choisir des indicateurs pertinents selon la partie du datacenter qui est adressée (infrastructure, informatique, services)
 - Il est conseillé d'associer des indicateurs de flux et des indicateurs de performance sur les principaux process/équipements
2. Le tableau de bord est un outil de suivi de la performance, il peut s'agir d'un support dédié ou il peut être intégré dans un suivi plus large.
 - Le tableau de bord doit contenir le plan de comptage avec les équipements de mesure, les valeurs relevées, la source des données et les formules de calcul.
 - Les données reportées permettront de constater l'atteinte des résultats ou les écarts.
3. Des objectifs clairs et précis doivent être définis
 - Les cibles peuvent être définies sur une période annuelle ou pluriannuelle
4. De manière périodique, le tableau de bord est mis à jour (voir en temps réel)
 - Les résultats sont analysés au regard du contexte
 - Des actions correctives peuvent être mises en place en cas d'écart significatif ou récurrent
 - Les pratiques identifiées comme performantes sont valorisées
5. La communication est établie selon le programme identifié et les cibles
 - La communication doit respecter les normes et réglementations afin d'éviter toute erreur d'interprétation de la part des parties prenantes.

A minima, nous conseillons de suivre les indicateurs suivants

Mesuré	Informatique	
Consommations d'énergies	Inventaire et durée de vie des équipements par catégorie	Par usage : ressources informatiques mobilisées (physiques ou virtuelles)
PUE	Consommations électriques	Par usage : capacité disponible, réservée, utilisée
CUE	Production de DEEE	Par usage : bilan énergie, gaz à effet de serre, eau, déchets
WUE	Taux de réemploi des équipements	
Production de déchets	Taux de valorisation des déchets	
Taux de valorisation des déchets		

10 COMMENT COMMUNIQUER EN ÉVITANT LE GREENWASHING ?

Le Greenwashing ou blanchiment vert se définit comme la mauvaise utilisation d'un argument environnemental qui a pour conséquence de donner une image écologique à des entreprises ou des produits qui ne le sont pas ou d'induire volontairement ou non les clients et usagers en erreur sur la démarche réelle de l'entreprise.

L'environnement est un vecteur de communication de plus en plus porteur, attention il convient de respecter certaines règles afin de ne pas se rendre coupable de « Greenwashing ». Par ailleurs, il est important de relier la nécessité reconnue de l'usage et la démarche de progrès engagée (le fait de réduire la consommation pour un même usage est vertueux). Les principales bonnes pratiques à respecter en termes de communication sont les suivantes (source : Guide Ademe anti Greenwashing):

- Respecter les normes et réglementations spécifiques relatives à la communication environnementale lorsqu'elles existent, par exemple la norme ISO/IEC 30134-2 sur le PUE comporte un chapitre définissant les modalités de reporting sur l'indicateur.
- Utiliser un vocabulaire **clair, précis et explicite** qui permet de comprendre le message sans ambiguïté
- Fournir des informations **vraies, complètes, actuelles** permettant de comprendre la nature qualitative et quantitative de la démarche (par exemple préciser la période des mesures réalisées et dans quelles conditions elles ont été effectuées, s'assurer que les capteurs remontent des informations justes)
- Communiquer sur **des actions et non sur des projets** d'actions
- Tenir à disposition des parties prenantes des documents permettant de vérifier les résultats communiqués
- Communiquer sur des **enjeux environnementaux pertinents** au regard de l'activité de l'entreprise
- Dans le cas de comparaison, préciser dans quelles conditions ont été obtenues les mesures comparant 2 ou plusieurs produits/services
- Faire reconnaître sa démarche par un tiers indépendant par exemple dans le cadre d'une **certification** de type ISO 14001, ISO 50001, Afaq démarche Ecoconception®.
- Choisir des **visuels adaptés** qui ne risquent pas d'induire en erreur les clients et/ou utilisateurs

Attention : Les labels sont des marques officielles de reconnaissance des avantages environnementaux des produits qui les portent, l'obtention d'un label doit faire l'objet d'un contrôle par une tierce partie et doit satisfaire à un cahier des charges précédemment établi, le cahier des charges doit être établi par toutes les parties intéressées.

11 LES BONNES PRATIQUES ET LEVIERS D'AMÉLIORATION

L'amélioration de la performance environnementale du Data center peut s'approcher par 3 angles :



Les 3 approches sont complémentaires et interdépendantes, chacune peut être mise en place par les différentes parties du Data center (infrastructure, informatique, service).

De nombreuses actions d'amélioration sont identifiées dans le UE Code of Conduct for Data centers disponible sur le site du Joint Research Center de la Commission Européenne.

L'optimisation de l'infrastructure jusqu'au service

A tous les niveaux (infrastructures, informatique, services), les taux d'utilisation représenté par le ratio entre la quantité provisionnée et la quantité réellement utilisée peuvent être optimisés. Les raisons de ce surdimensionnement sont nombreuses, et connues : dimensionnement en anticipation des usages en particulier pour passer d'éventuels « pics de charge », réservation concessionnaire des approvisionnements énergétiques, voire des contraintes réglementaires (secteur Banque-Finance, santé). Aujourd'hui, les Data centers sont de plus en plus opérés comme des éléments d'un ensemble plus vaste, piloté côté usage par des plateformes de virtualisation. La notion de cloud et l'impératif de performance (latence, disponibilité) ne doivent pas masquer l'impératif d'optimisation de chaque Data center de l'ensemble.



Figure 1- Le Data center dans son contexte - quel rôle pour l'exploitant ?

11.1 LE LEVIER PHYSIQUE : À LA CONCEPTION DU DATA CENTER

De nombreux choix techniques qui auront un impact déterminant sur la performance environnementale sont figés dès la phase de conception d'un Data center.

A priori la performance technique, c'est-à-dire un niveau de sécurisation et de disponibilité maximum va à l'encontre de la performance environnementale car elle implique d'installer des équipements techniques supplémentaires afin de contrer sans délais tout défaut. Or ces équipements supplémentaires consomment de l'énergie, nécessitent des opérations de maintenance, produisent des déchets et représentent des coûts supplémentaires.

Le challenge pour les opérateurs de Data center est de trouver dès la conception le compromis idéal entre performance environnementale et disponibilité.

Par ailleurs, il faut garder à l'esprit que la performance environnementale devra être évaluée à travers plusieurs indicateurs afin d'éviter le transfert de pollution.

Cette problématique pourra être analysée par la réalisation d'études prévisionnistes basées sur des relevés et mesures météorologiques.

Ces études ont pour finalité de pouvoir comparer la performance des différents choix techniques de conception sur toute la vie du Data center (à différents taux de charge électrique), cela permettra d'arbitrer les choix de conception et l'équilibre entre CAPEX et OPEX en raisonnant en approche « Coût global ».

Ces études sont réalisées en tenant compte de certaines hypothèses et de données relatives aux années précédentes. Il est donc évident que les indicateurs obtenus suite à une année exceptionnelle, chaude ou froide, peuvent différer notablement de ce qui a été prévu en phase étude.

En effet, les solutions techniques développées, de type Free Cooling / Free Chilling, sont très dépendantes des conditions extérieures. Différents modes de fonctionnement, associés chacun à une plage de consommation énergétique, sont observés selon les conditions météorologiques. Les fluctuations des conditions extérieures agissent donc directement sur la consommation du Data center et par conséquent sur son efficacité énergétique.

Selon l'implantation géographique du Data center, l'investissement lié à ces technologies, souvent plus coûteuses que les technologies standard, peut trouver ou non un intérêt. En effet, certaines situations géographiques ne permettent pas un fonctionnement régulier des modes dits « Free ». De plus, ces technologies entraînent la mise en place de tout un système d'instrumentation et de régulation, pour permettre le fonctionnement optimal de ces systèmes, auquel il faut associer un personnel compétent capable de maintenir et d'exploiter ce type de systèmes complexes.

L'évaluation des coûts en approche TCO (Total Cost of Ownership ou approche du coût global) et le calcul CAPEX/OPEX permet aux concepteurs d'étudier la viabilité économique de ces solutions et de calculer la période d'amortissement des investissements.

Au-delà de l'environnement extérieur, des choix de conception intrinsèquement liés au Data center, et non à son environnement, permettent d'accroître sa performance énergétique. Une urbanisation des salles informatiques optimisée permet une réduction de la consommation énergétique. Notamment, le confinement des allées, chaudes ou froides, est souvent recommandé.

La performance environnementale des Data centers est donc très dépendante du choix des équipements techniques de l'infrastructure et de ses modalités d'exploitation, mais également des équipements informatiques.

Il convient d'étudier la possibilité de recyclage de chaleur : chauffer les bâtiments à proximité par exemple; elle est relativement simple à mettre en place, et ne nécessite pas d'avoir été pensé à la conception.

11.2 LE LEVIER GOUVERNANCE

11.2.1 SYSTÈMES DE MANAGEMENT

L'exploitation des datacenter et des services qu'ils hébergent selon les référentiels de bonnes pratiques, qu'il s'agisse de référentiel technique comme le UE Code of Conduct for Datacenter ou de système de management de l'énergie et/ou de l'environnement, permet de mettre en place une démarche d'amélioration continue de la performance environnementale.

Le principe des systèmes de management repose sur l'approche PDCA (plan- do –check –act), c'est-à-dire qu'à l'issue d'analyses initiales (analyse SWOT, analyse environnementale, revue énergie, analyse réglementaire), l'entreprise peut identifier ses priorités et intégrer les enjeux environnementaux et énergétiques dans sa stratégie de développement.

Les grands axes doivent être détaillés en actions opérationnelles, puis, la performance doit être suivie de manière périodique afin de pouvoir attester de l'amélioration réelle ou de détecter les écarts et donc de mettre en place des actions correctives.

Les normes ISO 14001 et ISO 50001 incluent des exigences relatives aux achats et aux relations avec les fournisseurs ainsi que des exigences relatives aux services supports et à la communication.

La révision des normes simplifie la mise en place des systèmes de management en allégeant la partie documentaire notamment.

Les enjeux liés à l'environnement, l'énergie, la sécurité de l'information étant au cœur des préoccupations des Data centers, de plus en plus de sites développent des approches dites intégrées, c'est-à-dire d'avoir un système de management intégrant plusieurs référentiels.

Les systèmes de management proposent une méthode qui permet d'associer l'ensemble des collaborateurs et piloter les différents processus de l'entreprise. Ils sont tout à fait compatibles avec les référentiels de bonnes pratiques tels que le UE Code of Conduct for Data center et peuvent être mis en place de manière simultanée.

11.2.2 COMMUNICATION AVEC LES PARTIES PRENANTES ET OUTILS

En exploitation, les Data centers accueillent deux catégories de personnes : ceux qui gèrent les bâtiments et les infrastructures (UPS, groupes électrogènes, batteries, climatisation, sécurité physique, etc) et ceux qui utilisent les Data centers y en plaçant leurs équipements IT.

Les compétences associées à ces métiers sont assez différentes : électricité, climatisation et sécurité d'un côté ; profils informatiques de l'autre (Ingénieurs systèmes et réseaux, ingénieurs en développement informatique).

Afin d'améliorer et de maintenir un bon niveau de performance environnementale, il est essentiel de sensibiliser les différents acteurs aux enjeux environnementaux du Data center et aux impacts de l'utilisation de cet outil.

La communication avec les parties prenantes peut se faire selon différents canaux : affichage sur site, reporting environnemental selon les services consommés, informations sur les bonnes pratiques, challenge entre les équipes.

La finalité étant que chaque acteur puisse s'approprier ces notions et mettre en place une démarche d'amélioration.

L'amélioration passe également par le développement d'outils communs, en effet, dans la majorité des cas, chaque acteur a son outil de travail pour gérer les opérations quotidiennes dans les Data centers ; Bien souvent ces outils ne communiquent pas (ou peu) entre eux. Un simple exemple : il n'est pas trivial d'étudier l'impact sur une application si une maintenance est effectuée sur une chaîne électrique du Data center : il faut bien souvent jongler avec plusieurs outils.

Les outils GTB (gestion technique du bâtiment) et DCIM (Data center Infrastructure Management) permettent de gérer le bâtiment, l'infrastructure du Data center et l'infrastructure IT dans le même outil avec les mêmes processus (Change management, Incident management, Gestion des Maintenance, etc). Le principe est d'étendre les bonnes pratiques ITIL sur toute la chaîne d'éléments (des équipements IT à l'infrastructure du Data center) dans le même outil.

Ceci permet tout d'abord en ayant un outil commun d'avoir une meilleure visibilité et de mieux appréhender les interdépendances entre chaque composant. De plus, il est possible d'avoir une seule CMDB (Configuration Management Database) afin de centraliser toutes les informations au même endroit. Enfin, il permet de gérer le « Capacity Planning » au sein du même outil afin de mieux anticiper les besoins en capacité par rapport aux capacités déjà utilisées. Une dizaine d'outils existent sur le marché.

Ces outils permettent également d'effectuer des calculs de rendements de bout en bout afin de vérifier les principaux indicateurs de performance des Salles IT (Climatisation, Électricité, Hygrométrie, etc).

Les processus de maintenance des infrastructures des Data centers sont encore très manuels et assez peu intégrés avec les processus IT. Ils sont généralement basés sur des systèmes de GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur) et nécessitent des actions manuelles afin de notifier les clients de futures maintenances. Les outils DCIM devraient permettre d'aider à la « numérisation » des processus de maintenance. De nouvelles méthodes de travail seront alors nécessaires aux techniciens de maintenance qui travaillent encore bien souvent avec des documents « papier » qu'ils numérisent à la fin de leurs maintenances.

11.3 LE LEVIER LOGIQUE:

L'étude **US Data center Energy Usage Report** (Juin 2016) révèle que les actions sur le levier logique offrent un potentiel majeur pour assurer à la fois la maîtrise des coûts d'exploitation (en particulier la consommation énergétique) mais aussi les investissements, malgré une augmentation extrêmement forte des usages de l'ordre de 20%-25% annuels.

Le Data center est effectivement à la croisée des besoins et des moyens, et doit donc être capable de gérer ces deux points de vue. D'un côté, il est dépendant des usages et contraintes, qu'il subit mais dont il peut mesurer les caractéristiques. D'un autre, l'exploitant de Data center dispose de divers degrés de liberté pour optimiser le rendement de l'infrastructure, à savoir les coûts d'exploitation (dont l'énergie est un des composants majeurs) et les investissements (le nombre et les caractéristiques des serveurs, réseau, etc).

Les actions sur le levier logique sont essentiellement de deux sortes :

- Virtualisation : l'utilisation extensive des bonnes pratiques des techniques de virtualisation est en cours de déploiement par les DSI depuis plusieurs années, avec des taux de virtualisation très variables selon les organisations. Il est important d'ajouter à la quantité de virtualisation, la notion de qualité de la virtualisation, en allant vers des démarches cloud-natives typiquement orientées vers le devops (l'intégration de l'infrastructure dans le développement d'applications). La typologie d'usage qui découle d'une meilleure virtualisation pointe vers l'instanciation à la demande, la facturation à l'usage,... qui sont autant d'évolutions auxquelles préparer l'exploitation des Data centers.
- Le levier gouvernance : mise en place d'un système de management de l'environnement et/ou de l'énergie.

- Consolidation : la consommation des ressources physiques est d'autant plus efficace que ces ressources peuvent être ajustées au besoin, à la hausse comme à la baisse. Rappelons qu'un serveur en veille consomme de l'ordre de 50%-70% de ce qu'il consomme en mode actif – c'est dire ce que coûte la sous-utilisation du parc dans des infrastructures sous utilisées (on parle de serveurs fantômes). Le processus de planification est un mécanisme d'ajustement - le plus souvent à la hausse uniquement - qui peut traiter des évolutions macroscopiques des usages. Néanmoins d'autres temporalités ou spécificités techniques peuvent s'exprimer dans les usages et nécessiter d'autres approches : la gestion des débordements, la fédération de moyens (par exemple des moyens géolocalisés pour les applications du fog computing lié à l'Internet des Objets).

Le Data center est donc potentiellement riche en métriques qui peuvent analyser les opérations sous les deux aspects – évolution des besoins et adéquation des moyens :

- Les métriques caractérisant les usages et contraintes :
 - L'analyse de l'activité des machines virtuelles déployées, par exemple leur nombre et type, leur fréquence, les ressources exploitées (éventuellement en fonction des enveloppes provisionnées), etc. en essayant de dégager des tendances
 - La prise en compte de l'impact des contraintes opérationnelles, telles que les SLA, les zones de déploiement (le syndrome du '1 service 1 serveur'), ou encore l'évolution des besoins de stockage
- Les métriques caractérisant la productivité des ressources mises à disposition :
 - L'analyse des caractéristiques des serveurs (puissance consommée, puissance de calcul) et leur utilisation (sur les ressources CPU, RAM, voire réseau)
 - L'efficacité globale du Data center, à savoir son taux d'utilisation, de panne et/ou de problèmes de ressources (par exemple des bandes passantes réseau saturées, des machines physiques en surcharge), mais aussi le nombre de serveurs en sous-utilisation
 - Les flux environnementaux (consommations d'eau, d'énergie, de ressources informatiques)

L'ensemble de ces indicateurs permettent à terme d'étendre progressivement les KPI de performance du Data center vers la caractérisation des services qu'il héberge et l'identification des stratégies d'exploitation pour en tirer parti.

Ces métriques induisent une relation potentiellement fructueuse entre l'exploitant et l'utilisateur de la ressource Data center, au travers d'une gouvernance avec les DSI pour les infrastructures en propre ou une offre de services enrichie et différenciée pour les hébergeurs vis-à-vis de leurs clients.

12 CONCLUSION

La question de la performance environnementale des Data centers est un sujet vaste qui va de la conception de l'infrastructure à la conception des services qui y sont hébergés en passant par la qualité et la performance de l'exploitation qui est primordiale.

Par ailleurs afin d'être objectifs, les opérateurs de Data center devront considérer plusieurs enjeux environnementaux et non pas se restreindre aux considérations énergétiques et le niveau de performance pourra être évalué au niveau de chaque « couche » du système, c'est-à-dire :

- L'efficacité de l'infrastructure
- L'efficacité des équipements informatique et télécom
- L'efficacité des services hébergés

Les Data center étant la « couche » la plus mature en mesure de la performance, ils pourront décliner ces évaluations de la performance vers les systèmes d'information qu'ils hébergent.

Il est également essentiel afin d'éviter les transferts de pollution de commencer à initier des calculs d'indicateurs en approche cycle de vie, c'est d'ailleurs la tendance qui est prise par la normalisation et qui est précisée dans l'édition 2015 de la norme ISO 14001 relative au Système de Management Environnemental.

L'ensemble des indicateurs référencés dans le livre blanc ont été intégrés au schéma ci après.

Facteurs influents	Climat Température Hygrométrie débit d'air	Mix énergétique Taux de charge	
Service	Volumétrie des service délivrées: physiques ou virtuels (capacité de stockage, puissance de calcul...) Capacité informatique : disponible, utilisée	Par unité de service: Consommation d'énergie, de ressources IT Production de déchets	Par unité de service délivré: Bilan GES, Bilan Eau, Bilan Energie, Ressources, Bilan déchets
Informatique	Inventaire des équipements (durée de vie, temps d'utilisation) Consommations: énergies Productions: déchets	ITEE sv Taux de recyclage, de réemploi, de valorisation	Bilan GES du datacenter Bilan Eau du datacenter Gestion des déchets du datacenter Bilan Energie du datacenter Ressources du datacenter
Infrastructure	Température Hygrométrie, débit d'air Consommations : électricité, eau, fioul, d'eau glacée Production : Eau glacée, déchets	PUE* (DCIE), WUE*, CUE*, COP, REF*, Taux de recyclage, de réemploi, de valorisation	ACE Dcp Pi
Indicateur Mesuré		Indicateur calculé	Indicateur global
Energie Eau		Déchets Resssources	GES Autre
* indicateur faisant l'objet d'une norme (éditée ou en cours)			

Les codes couleur correspondent aux enjeux environnementaux analysés. On note que les indicateurs comportant un astérisque ont fait l'objet d'une normalisation internationale ou sont en cours de normalisation (en gris clair). La normalisation des indicateurs est un sujet important qui permet de poser les bases de définition et de mesure d'un indicateur donné. La partie infrastructure est la « couche » du Data center qui dispose du plus grand nombre d'indicateurs et d'indicateurs normalisés ou en passe de l'être, la majorité de ces indicateurs sont en rapport avec les enjeux énergétiques. La couche informatique dispose de quelques indicateurs qui sont en voie de normalisation, l'aspect ressources est analysé essentiellement au regard de l'utilisation des équipements informatiques. La couche service ne dispose pas d'indicateur normalisé, le calcul de ces indicateurs n'est pas encore fortement répandu, cependant, on constate que c'est à ce niveau qu'il y a le plus de demandes de transparence de la part des sociétés utilisatrices et des parties prenantes : quelle est l'empreinte carbone des services numériques délivrés par le Data center ?

13 MODÈLES DÉCENTRALISÉS

D'autres approches systémiques consistent à intégrer directement à l'écosystème existant des capacités de stockage et traitement de l'information, notamment dans le cadre d'un schéma d'économie circulaire. Ainsi, les intrants de ces infrastructures sont disponibles en lieu et place de leur installation (ex : fourniture électrique, arrivée fibre optique...). Cela permet de limiter les coûts d'énergie grise liés à la construction de nouvelles infrastructures spécifiques d'une part, mais également de mutualiser et donc réduire les coûts d'investissement d'autre part. Les déchets peuvent dans certains contextes être valorisés toute l'année.

- Dans le cas spécifique de salles serveurs intégrées à des bâtiments existants pour chauffer leur eau (piscine, eau chaude sanitaire...), les mêmes KPI que ceux définis au chapitre 16 peuvent être utilisés : le WUE dont la composante consommation d'eau directe sera nulle, puisque l'eau utilisée comme source de refroidissement – ou de valorisation de la chaleur – sera utilisée pour un besoin primaire et déjà fournie par le bâtiment
- le PUE car les consommations énergétiques de la salle informatique sont suivies de la même manière qu'une salle serveur standard, la consommation des climatisations par exemple étant remplacée par celle des circulateurs permettant de valoriser la chaleur
- Le taux de valorisation correspondra au rendement du système de valorisation de la chaleur
- Le recyclage des déchets électroniques suivra la même filière, plus locale, de recyclage des DEEE...



LES UNITÉS ET FACTEURS INFLUENTS

LA PUISSANCE ABSORBÉE (WATT)

La puissance absorbée traduit la puissance nécessaire, à un instant donné, pour alimenter électriquement les systèmes informatiques. Cette valeur est fondamentale pour déterminer la capacité des dispositifs de fourniture électrique à chaque niveau de mesure. Cette puissance se mesure en Watt. Il est important de noter que la puissance des alimentations électriques des systèmes informatiques n'est pas du tout représentative en général de la puissance absorbée. Pour obtenir cette dernière, dont la valeur évolue avec la charge CPU notamment, il est indispensable de procéder à une mesure physique ou à minima d'utiliser des valeurs issues des capteurs internes des équipements concernés.

LE COURANT RÉSIDUEL (mA)

Le courant résiduel ou courant de fuite se mesure en mA. Par nature les équipements informatiques et particulièrement les alimentations électriques de ces derniers sont susceptibles de générer des courants de fuite. En France, avec l'application de la norme NF C 15 100, ces derniers sont susceptibles de générer un courant de fuite maximal de 3.5 mA ou 5% du courant nominal. Au-delà d'un certain seuil (usuellement 30 mA), celui-ci est susceptible de générer un déclenchement du disjoncteur. Avec la multiplicité du nombre d'équipements raccordés sur une même source il convient donc de s'assurer de rester en deçà de ce seuil.

L'INTENSITÉ (A)

L'intensité se mesure en Ampère. Celle-ci est représentative de la charge des systèmes et l'adéquation par rapport aux seuils des équipements de distribution électrique. On notera que ces équipements ont une marge d'erreur minime et qu'un dépassement génère une disjonction. Cette mesure doit par ailleurs être consolidée en fonction des différentes sources électriques qui se cumulent en cas de rupture de l'une d'elles.

LA TENSION (V)

Mesurée en Volt cette tension doit rester dans les plages nominales des équipements informatiques situées en général entre 220 et 240 volt en monophasé.

LE FACTEUR DE PUISSANCE (COSPHI)

Le facteur de puissance est une caractéristique d'un récepteur électrique. Pour un équipement électrique alimenté en régime de courant variable au cours du temps, il est égal à la puissance active consommée (en Watt), divisée par le produit du courant et de la tension (soit la puissance apparente en Volt.Ampère). Il est toujours compris entre 0 et 1, 1 étant la valeur idéale. Le facteur de puissance est un paramètre qui rend compte de l'efficacité qu'a un équipement électrique pour consommer de la puissance lorsqu'il est traversé par un courant.

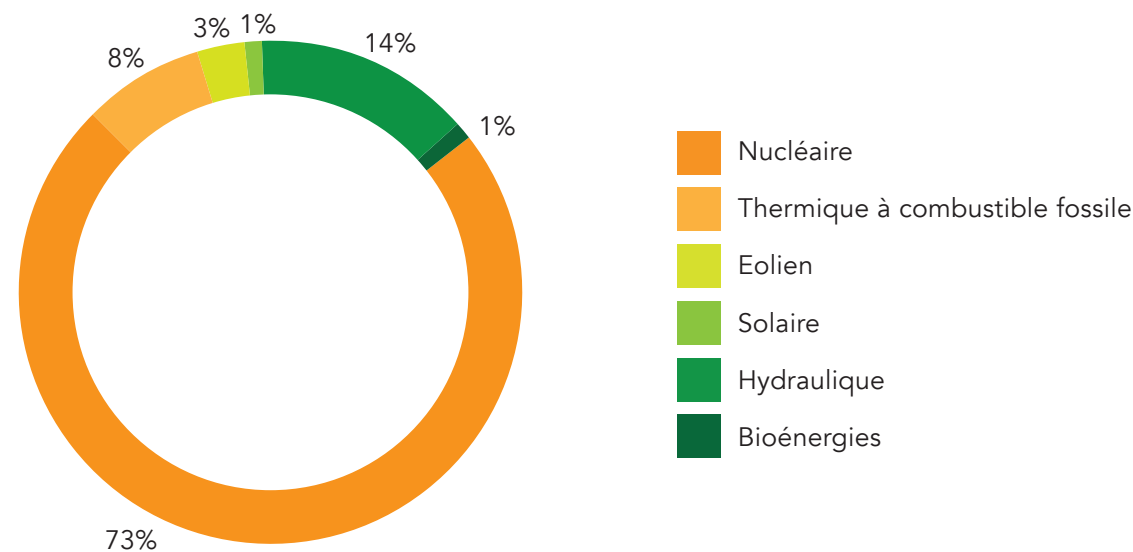
Un facteur de puissance trop faible est susceptible d'entraîner des problèmes (surdimensionnement requis, échauffements ...) dans le Data center. Sa surveillance permettra d'identifier les anomalies éventuelles.

LES FACTEURS INFLUENTS

La performance environnementale d'un Data center dépend de nombreux paramètres ayant un impact significatif, certains de ces paramètres sont externes, tels que le **mix énergétique** ou les **conditions météorologiques**, d'autres sont liés aux consignes de conduite des installations comme la **température en salle informatique**, l'hygrométrie et les **débits d'air** et le **taux de charge**.

MIX ÉNERGÉTIQUE

Le mix énergétique qui dans la plupart des Data centers est représenté par le mix électrique correspond à la répartition des moyens de production utilisés par le fournisseur d'électricité. Chaque mix électrique a des impacts environnementaux différents et dès lors que l'on s'intéresse à des impacts globaux, il convient de s'intéresser à plusieurs paramètres du mix énergétique du fournisseur d'électricité.



Mix électrique français 2016, RTE France

	Mix électrique France	Moyenne renouvelables
Emission de gaz à effet de serre	0,082 kg/kW	0,021 kg/kWh
Consommation d'eau par kWh	2,18 litres/kWh	1,88 litre/kWh
Production de déchets nucléaires	vie courte : 11,1 mg/kWh source EDF vie longue : 1 mg/kWh	vie courte : 0 mg/kWh vie longue : 0 mg/kWh

Comment le mesurer ?

Le mix énergétique n'est pas mesuré directement par l'opérateur de Data center. Depuis le 1er juillet 2004, le décret d'application de la directive européenne 2003/54/CE du 26/06/03 fait obligation aux fournisseurs d'électricité, d'indiquer à tous leurs clients les deux informations suivantes :

- Répartition entre les différentes sources d'énergie utilisées pour fournir l'électricité
- Contenu en CO2 et en déchets radioactifs par kWh fourni

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Type	Mesuré	Partie du Data center	Infrastructure
------	--------	-----------------------	----------------

Les conditions climatiques vont influencer sur la performance environnementale du Data center, notamment la température et l'hygrométrie de la zone d'implantation.

Comment les mesurer ?

Ces données sont fournies par les stations météorologiques réparties sur le territoire, les Data centers sont parfois équipés de moyens de suivi des conditions climatiques (voir après température et hygrométrie).

TAUX DE CHARGE

Type	Mesuré	Partie du Data center	Infrastructure
------	--------	-----------------------	----------------

Le taux de charge électrique est un facteur important car il représente l'utilisation réelle des infrastructures du Data center.

Le taux de charge électrique s'exprime en pourcentage.

Les Data centers avec un faible taux de charge ont une moins bonne performance environnementale, les Data centers avec un taux de charge trop élevé peuvent présenter des risques opérationnels sur la charge qui est mal répartie.

Comment le calculer ?

$$\text{Taux de charge (\%)} = \frac{P_{\text{appelée}}}{P_{\text{installée}}}$$

$P_{\text{appelée}}$ = Puissance réellement appelée par les équipements IT hébergés dans le Data center.

$P_{\text{installée}}$ = Puissance totale disponible pour alimenter les équipements IT. Attention à prendre en compte la redondance.

HYGROMETRIE

Type	Mesuré	Partie du Data center	Infrastructure et informatique
------	--------	-----------------------	--------------------------------

De faibles niveaux d'humidité représentent une menace pour le Data center. Ils peuvent engendrer des défaillances d'équipement en raison d'électricité statique accumulée à des points d'humidité faible. En revanche, un trop grand taux d'humidité dans l'air peut détruire les données stockées dans les serveurs. Il est donc important de surveiller cette hygrométrie pour garantir le bon fonctionnement de son Data center.

Les sondes d'hygrométrie mesurent l'humidité relative, c'est-à-dire le rapport entre le contenu en vapeur d'eau de l'air et sa capacité maximale à en contenir dans les mêmes conditions de pression et de température.

Les directives thermiques de l'ASHRAE (**A**merican **S**ociety of Heating, **R**efrigerating and **A**ir-Conditioning Engineers), préconisent des conditions environnementales applicables à l'air entrant dans chaque équipement informatique. Ces préconisations portent sur la température et l'humidité de l'air. L'air envoyé par les armoires de climatisation dans une allée froide va se réchauffer en montant (en particulier si les allées ne sont pas confinées), les conditions environnementales à l'entrée des équipements placés en haut des baies doivent donc particulièrement être surveillées. Les mesures devront être réalisées dans cette zone.

Le tableau « Thermal Guidelines for Data Processing Environments » de l'ASHRAE préconise les limites suivantes pour les équipements IT d'un Data center de Classe 1 (se reporter au document complet pour les autres classes). La classe A1 correspond à un centre de données dans lequel les conditions environnementales sont très strictement contrôlées et où les niveaux de service requis sont critiques.

Recommandations ASHRAE Classe A en 2011	
Limite basse de température	15°C
Limite haute de température	32°C
Limite basse taux d'humidité	20% d'humidité relative
Limite basse taux d'humidité	80% d'humidité relative - Point de condensation à 27°C

L'augmentation du taux d'humidité et de la température d'air permet de réduire la charge de travail du système de refroidissement et augmente les opportunités de faire du Free-Cooling, et donc par conséquent de faire des économies d'énergie.

Comment les mesurer ?

Pour mesurer l'hygrométrie de l'air, il existe des capteurs d'hydrométrie de différents types. Lorsqu'ils sont raccordés à un système de contrôle, on en positionne un par couloir froid au milieu de la travée, suffisamment loin des sorties de climatiseurs. Nombre de capteurs de température mesurent également l'hygrométrie de l'air. C'est le cas par exemple des enregistreurs autonomes. Les capteurs d'hygrométrie reposent sur la capacité d'un condensateur dont le diélectrique est hydrophile.

Capteur autonome (type pile) : Une minuscule ouverture utilise un filtre spécial qui permet à la vapeur d'eau de passer et d'atteindre le capteur d'hygrométrie en repoussant l'eau sous sa forme liquide.

Capteurs capacitifs : Une couche polymère sensible à l'humidité est déposée sur un substrat de verre et reliée à deux électrodes. Du fait de la prise d'eau, la capacité du condensateur se modifie. Le signal de mesure est directement proportionnel à l'humidité relative et indépendant de la pression ambiante.

LA TEMPÉRATURE

Type	Mesurée	Partie du Data center	Infrastructure
------	---------	-----------------------	----------------

Les équipements informatiques et télécom hébergés dans les salles informatiques du Data center fonctionnent en continu et dégagent de la chaleur (pour 1kWh électrique consommé, un serveur dégage 1kWh de chaleur).

Afin de garantir le bon fonctionnement des équipements IT et de surveiller le process de climatisation, il est essentiel de mesurer la température de l'air à plusieurs points clés du Data center :

- Dans les salles informatiques, au niveau des baies en face avant et/ou face arrière
- Au niveau du départ et/ou du retour des climatisations
- Au niveau des prises d'air extérieures du Data center
- Au niveau des prises d'air des équipements fonctionnant en free-cooling

Comment la mesurer ?

Il existe de nombreux dispositifs pour mesurer la température de l'air. Ces dispositifs utilisent deux principes de mesure : le thermocouple ou la sonde à résistance de platine.

- Thermocouple : La mise en contact de deux matériaux différents génère une tension aux bornes de deux fils (effet Seebeck). Cette tension dépend de la température mesurée.
- Sonde à résistance de platine Pt100 : Il s'agit d'une résistance à coefficient de température positif variant en fonction de la température. Plus la température est élevée, plus la valeur de la résistance est grande.

On distingue différents moyens de mesure pour la température.

Enregistreur autonome de température (relevés instantanés ou différés)	Un boîtier avec interface USB transfère le relevé de plusieurs enregistreurs vers un PC. Ces enregistreurs sont déposés dans les filtres des armoires de climatisation (ACU) pour suivre le fonctionnement des ACU en reprise, collés avec des pastilles adhésives sur les portes de baies, ou en sortie d'ACU etc. Ils sont utilisés dans le cadre d'audits.
Thermomètre à sonde de température (relevés instantanés)	Une interface USB fait remonter les valeurs mesurées vers un PC. Ce dispositif est adapté aux mesures en salle lorsqu'on se déplace en plusieurs endroits, il permet une grande mobilité.
Enregistreur autonome de température sans fil (relevés instantanés ou différés)	Les mesures sont stockées dans l'appareil et envoyées à intervalles réguliers vers l'ordinateur (en cas d'alarme, l'information est envoyée directement à l'ordinateur). Ces enregistreurs sont fixés en haut des portes de baies, sur des poteaux de la salle, pour faire remonter en temps réel les températures d'air mesurées. Ils peuvent être utilisés pour le déclenchement d'alarmes.
Capteur de température pour remonter vers un système de surveillance (relevés instantanés)	Une connexion RJ45 permet de se connecter à une carte réseau. Ces capteurs de température sont en général fixés sur les portes des baies grâce à un petit support mécanique et surveillent régulièrement la température de l'air en des endroits précis. Reliés à une carte de gestion réseau, ils transmettent des informations qui vont servir à déclencher d'éventuelles alarmes en s'appuyant sur des protocoles de communication (SMTP, Web, ModBus, RMS etc.).
La thermographie infrarouge	Utiliser une caméra infra-rouge (IR) pour capturer des images thermiques est une technique de mesure efficace. L'approche repose sur le fait que les ouvertures prennent la température de l'air qui les traverse. Les images IR renseignent donc sur la température de l'air, et permettent de voir non seulement les points chauds mais aussi la distribution de température à travers les baies et l'IT. Il faut malgré tout avoir à l'esprit que l'émissivité des surfaces modifie la température enregistrée par la caméra. Ceci peut conduire à des erreurs d'interprétation lors de la déduction des températures. Certaines caméras permettent de corriger la légende de température en fonction des émissivités des surfaces. Des mesures avec des capteurs de température permettent aussi de calibrer les images.



LES DÉBITS D'AIR

Type	Mesuré	Partie du Data center	Infrastructure
------	--------	-----------------------	----------------

Dans une salle classique avec un plancher surélevé, les armoires de climatisation, mises en place pour assurer le refroidissement des équipements, vont fournir un certain débit d'air global à la salle. Ce débit va se répartir au niveau des dalles perforées du plancher technique, de manière non homogène. En effet, la position des dalles, leur taux d'ouverture, l'encombrement sous le plancher technique (câblage, tuyaux etc.) va impacter le débit sortant par chaque dalle et donc la capacité à refroidir les équipements IT qui se trouvent à proximité dans les baies. Il est donc important de mesurer les débits d'air en sortie de dalles perforées pour évaluer la capacité de refroidissement dans cette zone. Un défaut de débit d'air pourrait entraîner la surchauffe d'équipements.

Comment le mesurer ?

Pour les mesures de débit d'air, on a recours à un balomètre. Le flux d'air est collecté dans la hotte du balomètre, ce qui permet de déterminer le débit moyen affiché directement sur un afficheur au niveau de l'embase. Une des méthodes utilisées repose sur la détermination du débit volumétrique par prise de vitesses et de pression différentielle type tube du Pitot. Ce dispositif en forme de croix (grille de Wilson) est aussi utilisé pour mesurer le débit d'air à travers les zones de reprise. Certains balomètres utilisent des fils chauds pour mesurer le débit.

Le balomètre se place sur chaque dalle perforée et donne le débit mesuré. Il est nécessaire au préalable de faire une calibration du balomètre pour éliminer l'effet la hotte sur la mesure.

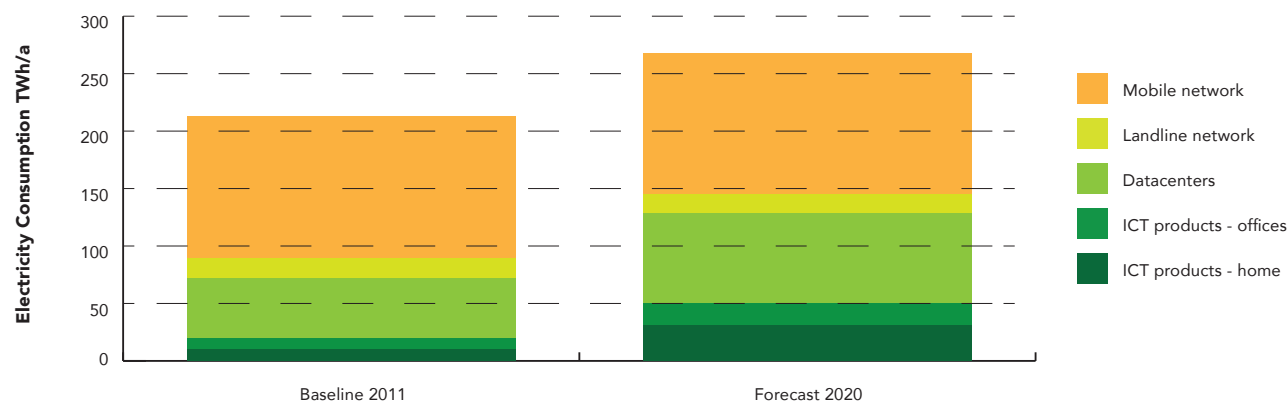


ENERGIE

L'ENERGIE

L'énergie est un enjeu important non seulement des Data centers mais aussi de l'ensemble du secteur numérique et en 2012, le secteur numérique a consommé l'équivalent de 5% de la consommation d'électricité mondiale, les Data centers représentant 30% des 5% (Overview of ICT energy consumption», EINS Consortium, deliverable, 2013).

A l'échelle européenne, les Data centers représentent selon les études, entre 25 et 30% des consommations d'énergie du secteur numérique. Entre 2011 et 2020, les experts prévoient une augmentation de 25% des consommations d'énergie du secteur. Le JRC a évalué qu'en 2013 les Data centers représentaient 3% des consommations d'électricité en Europe de l'Ouest.



Comparison of the ICT-related electricity consumption in EU-27 in 2011 & 2020, excluding ICT manufacturing and broadcasting – Öko Institute 2013

D'un point de vue opérationnel, le fonctionnement sans interruption des Data centers peut solliciter les énergies suivantes :

- Electricité via le réseau électrique pour alimenter les équipements informatiques et de télécommunication hébergés dans le Data center ainsi que les équipements de l'infrastructure et éventuellement les espaces tertiaires dédiés au fonctionnement du Data center. Afin de protéger les équipements informatiques, le courant est sécurisé (ondulé).
- Fioul pour assurer le secours électrique à l'aide de groupes électrogènes en cas de coupure du réseau électrique.
- Eau glacée via un réseau si le site ne dispose pas de production de frigorifique en interne.
- Gaz dans le cas d'une alimentation via une centrale de cogénération.

Parle t'on de puissance ou énergie ?

La puissance (en watt, symbole W) d'un moyen de production mesure sa capacité à délivrer une quantité d'énergie par unité de temps. Le wattheure (Wh) est utilisé pour quantifier l'énergie délivrée : 1 Wh correspond à l'énergie produite par un moyen de production d'une puissance de 1 W pendant une durée d'une heure. Ainsi, on parle souvent de puissance pour caractériser la capacité de conception d'un Data center et de ses consommations d'énergies pour qualifier son fonctionnement.

L'approvisionnement et la gestion de l'énergie sont au cœur des préoccupations de tous les exploitants de Data center. Il s'agit d'une part d'une ressource critique essentielle au fonctionnement du Data center et d'autre part, on considère que ce poste représente en moyenne entre 70 et 75% des coûts d'exploitation du Data center (qui incluent énergie, maintenance, personnel d'exploitation et qui excluent les dotations aux amortissements et l'informatique). C'est également l'enjeu environnemental le plus visible par les parties prenantes car les Data centers concentrent les besoins en puissance électrique et en consommations qui peuvent représenter des consommations électriques équivalentes à celle d'une ville de plusieurs dizaines de milliers d'habitants.

Energie primaire ou énergie finale ?

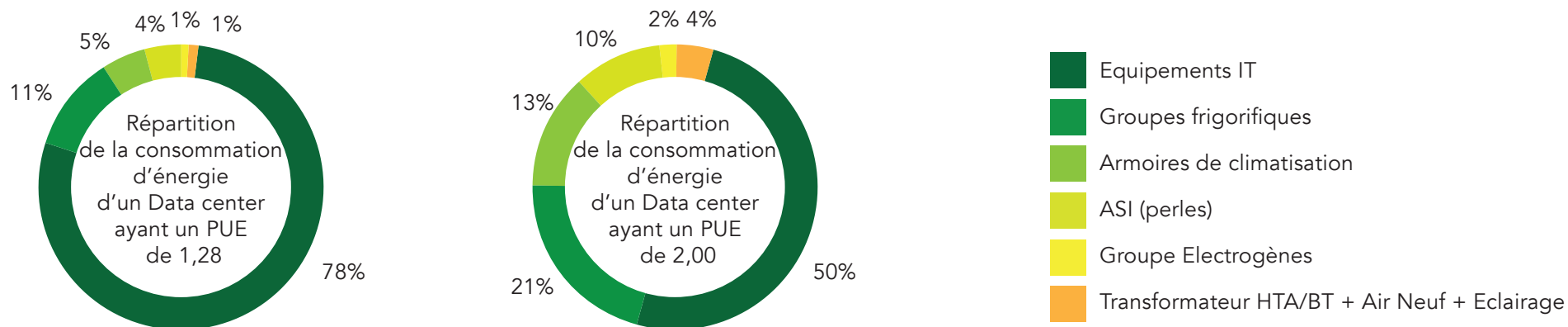
L'énergie primaire est tirée directement de la nature (soleil, vent, fleuves) ou contenue dans les produits énergétiques tirés de la nature tels que les combustibles fossiles ou le bois avant transformation.

L'énergie finale correspond à la consommation des utilisateurs finaux et qui intègre donc toutes les pertes dues aux réseaux et aux transformations.

Les pertes liées aux transformations et au transport de l'énergie primaire à l'énergie finale varient selon les énergies et leurs usages.

Conventionnellement les coefficients utilisés en France sont de 2,58 pour l'électricité (mix moyen France) et de 1 pour les autres énergies (fioul, gaz...).

Les schémas suivants présentent des exemples de répartition des consommations d'énergies d'un Data center standard (tiers 3, 100% de charge IT) entre les différents équipements qu'il comporte avec différents niveaux de PUE. Le PUE de 2,0 correspond à la moyenne du parc français et celle de 1,28 aux performances des Data centers les plus récents.



De ce fait, depuis des années, les exploitants en charge de la partie infrastructure n'ont cessé de viser l'amélioration de la performance énergétique pour réduire ces consommations d'énergie.

C'est pourquoi de tous les enjeux environnementaux, c'est aussi le sujet le plus fourni en indicateurs car les tendances vont vers un suivi de la performance énergétique de plus en plus précis par usage ou par équipement.

Concilier performance environnementale et opérationnelle a donc souvent été abordé sous l'angle d'assurer une production informatique continue et la moins énergivore dans un environnement fluctuant.

Au niveau des indicateurs, le plus facile et commun à suivre est **la consommation électrique totale** du Data center car il est reporté par le fournisseur d'électricité qui est facturé selon la consommation réelle.

Très fréquemment, la mesure de la **consommation d'électricité** est également suivie **au niveau des équipements informatiques** ou au **niveau des principaux usages** tels que la climatisation, la ventilation, la sécurisation électrique.

Les autres sources d'énergies comme le fioul, le froid via un réseau de climatisation peuvent également faire l'objet d'une mesure.

Une fois que les principales sources d'énergies sont relevées, le calcul de la performance énergétique d'un Data center peut se faire à plusieurs niveaux et plusieurs indicateurs ont été normalisés en ce sens.

Le **PUE** (Power Usage effectiveness) est l'indicateur le plus connu, il mesure le rendement énergétique global du Data center. Le **DCIE** est l'inverse du PUE.

La part d'utilisation des énergies renouvelables peut être évaluée par le calcul du **REF** (Renewable Energy Factor).

La performance de la production de froid est mesurée par le calcul du COP (Coefficient of performance), cet indicateur est en cours de normalisation.

La performance de la sécurisation électrique est calculée par le rendement des onduleurs dont le calcul est défini dans le Code Européen de bonne conduite des onduleurs.

De nombreux KPI sont en cours de normalisation sur l'énergie. La normalisation est le fait de l'ISO /IEC et est reprise par le Cenelec, sont en cours de normalisation les indicateurs : REF (Renewable Energie Factor), ITEEsv, ERF.

La notion d'évaluation du risque a été récemment introduite avec l'évaluation du Performance Indicator (PI).

Plusieurs publications proposent d'intégrer plusieurs indicateurs, de façon disjointe comme ACE ou consolidée comme avec l'évaluation de **KPI DCEM**, attention toutefois aux indicateurs compilés qui peuvent rendre plus difficile l'analyse de la performance..

Au niveau des tendances, les demandes des entreprises utilisatrices vont vers la mesure et le suivi de la **consommation d'énergie totale par usage** exprimée en énergie primaire.

CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ

Type	Mesuré	Partie du Data center	Infrastructure Informatique Services
------	--------	-----------------------	--------------------------------------

La consommation électrique, mesurée en Watt.heure (Watt multipliés par des heures) permet essentiellement de déterminer le coût considérant que ce dernier est facturé sur cette base par le distributeur d'énergie.

Comment la mesurer ?

Les différents points de consommations d'énergie doivent être mesurés soit :

- À l'aide de wattmètres pouvant reporter les consommations
- À l'aide de compteurs d'énergie en kWh qui reportent les consommations par la mesure simultanée du voltage, du courant et du facteur de puissance

Les normes ISO de la série ISO/IEC 30134 précisent que la consommation d'électricité ne peut pas être évaluée à partir de relevés de puissance en kVA, la marge d'erreur liée à la conversion en kWh étant trop important pour évaluer l'efficacité énergétique des systèmes.

La mesure des consommations d'énergie peut se faire à plusieurs points du Data center, soit par des relevés instantanés, soit de manière continue et historisée.

Point de livraison	Au niveau du compteur électrique, les mesures sont disponibles via le protocole TIC (Télé info Client), ou par abonnement auprès du fournisseur d'énergie (fichier CSV, ...). L'information de consommation peut être obtenue en instrumentant le tableau général d'alimentation avec des compteurs d'énergie électrique. Dans le cas d'une création de salle, les compteurs sont installés à la conception. Dans le cas d'une salle existante : les compteurs peuvent être installés lors d'une opération de maintenance (Ex : solution non intrusive en tore ouvrant ou boucle de Rogowski). Les compteurs d'énergie électrique communicants sont disponibles dans différents protocoles (modBus, Mbus, BACnet, SNMP, Wireless, ...)
Au niveau des baies	Il existe différentes solutions pour mesurer la consommation d'une baie. En installant directement les compteurs dans la baie, à raison d'un compteur par voie d'alimentation. Ces compteurs sont intégrés dans les PDU (non communicants) ou dans les PDU intelligents (communication en CPL ou SNMP). En instrumentant les tableaux de distribution (TD) avec des compteurs électriques pour mesurer chaque départ vers une baie. Pour une nouvelle salle, la solution compteurs avec des tores fermés est souvent câblée lors de la création de l'armoire. Dans le cas d'une salle en production, l'installation de compteurs équipés de tores ouvrants porte un réel intérêt, car selon les puissances et le contexte, l'installation peut être réalisée sans interruption de service. Les PDU et les différents types de compteurs sont disponibles dans différents protocoles de communication (Radio, modBus, SNMP, ...).
Au niveau des process ou équipements	La consommation électrique est obtenue en instrumentant le tableau électrique avec des compteurs d'énergie électrique (communicants de préférence). Les compteurs sont installés à la conception du TGBT ou lors d'une opération de maintenance (Ex : solution non intrusive en tore ouvrant)
Au niveau des services	La consommation électrique est obtenue en faisant la somme des consommations d'énergie des équipements nécessaires pour délivrer le service étudié.

CONSOMMATION DE FIOUL

Type	Mesuré	Partie du Data center	Infrastructure
------	--------	-----------------------	----------------

Les groupes électrogènes assurant le secours électrique du Data center sont alimentés en fioul (gazole non routier) pour générer de l'électricité. Il existe différents types de Gazole plus ou moins raffinés, avec plus ou moins de soufre et d'additifs divers en vue de limiter la pollution et d'augmenter la performance. Lors des pics de pollution de l'air, les préfets peuvent imposer à certaines entreprises de changer de fioul pour utiliser un fioul désulfuré qui acidifiera moins l'air et les pluies. Le fioul se mesure en litre. Avec une densité de 0,84 à 10°C, cela donne, à 11,86 kWh/kg, soit un pouvoir calorifique théorique de 9,96 kWh/litre.

Comment la mesurer ?

En France, le stockage de produits pétroliers est soumis à plusieurs réglementations selon la taille des cuves de stockage et leur localisation (aérienne, en fosse, souterraine, intégrée au groupe électrogène).

Les cuves sont pourvues de niveau permettant de suivre les consommations, la valeur pouvant être remontée à une console de pilotage.

CONSOMMATION D'EAU GLACÉE

Type	Mesuré	Partie du Data center	Infrastructure
------	--------	-----------------------	----------------

Certains Data centers localisés en milieu urbain sont connectés à un réseau d'eau glacée (SUC, Climespace...).

Le fournisseur pilote une centrale de production de froid en amont qui alimente en eau glacée d'une température aux alentours de 4-5°C un réseau primaire.

Le Data center est connecté via une sous station équipée d'une vanne départ et une vanne retour.

Comment la mesurer ?

Le poste de livraison du fournisseur est équipé d'un compteur mesurant les kilowattheure froid ou frigories.

Si l'on souhaite calculer la consommation électrique correspondant à la consommation de froid, il faut prendre en considération le coefficient de performance de la centrale de production et du réseau de distribution (COP : (Coefficient de Performance). Cette valeur est généralement fournie par le fournisseur.

PRODUCTION D'EAU GLACÉE

Type	Mesuré	Partie du Data center	Service
------	--------	-----------------------	---------

QUE MESURE CET INDICATEUR ?

Cet indicateur mesure la quantité de froid produite par les groupes froids, généralement exprimé en kWhfroid.

POURQUOI L'UTILISER ?

Cet indicateur permet de mesurer l'activité de la production de froid du Data center.
Il est utilisé pour calculer le rendement de la production de froid.

COMMENT LE MESURER ?

Il existe plusieurs types de compteurs pouvant être installés en sortie de la production de froid.

3/5

Utilisation

(1 : peu utilisé, 5 très utilisé)

4/5

Facilité de mise en œuvre

(1 facile, 5 difficile)

2/5

Coût de mise en œuvre

(1 peu coûteux, 5 coûteux)

ATOUTS

Permet d'avoir une mesure fine de l'activité des groupes froids.

LIMITES

L'installation des compteurs nécessite une interruption du service (à installer à la conception).

COEFFICIENT OF PERFORMANCE

Type	Calculé / Mesuré	Partie du Data center	Infrastructure
Abréviation Indicateur normalisé	COP En cours		

CALCUL

$$COP = \frac{\text{Production de kWh froid}}{\text{Consommation des groupes froid}}$$

QUE MESURE CET INDICATEUR ?

Cet indicateur sans unité mesure le niveau de performance de la production de froid.

Le SC39 de l'ISO mène une réflexion sur l'édition d'une norme spécifiant la mesure de SEER (Seasonally adjusted Energy Efficiency Ratio) et de CER (Cooling Effectiveness Ratio).

POURQUOI L'UTILISER ?

Cet indicateur permet de mesurer le rendement de la production de froid et donc de l'optimiser.

3/5

Utilisation

(1 peu utilisé, 5 très utilisé)

4/5

Facilité de mise en œuvre

(1 facile, 5 difficile)

1/5

Coût de mise en œuvre

(1 peu coûteux, 5 coûteux)

ATOUTS

Permet d'avoir une mesure fine de l'activité des groupes froids.

POWER USAGE EFFECTIVENESS

Type	Mesuré	Partie du Data center	Infrastructure
Abréviation	PUE		
Indicateur normalisé	OUI ISO/IEC 30134-2		
Organisme de référence	ISO/IEC JTC1-SC39		

CALCUL

Le PUE est le rapport

$$PUE = \frac{E_{DC}}{E_{IT}}$$

E_{DC} désignant l'énergie consommée par le Data center. E_{IT} désignant l'énergie consommée par la production informatique. Mesurées pendant une période de 12 mois consécutifs. La norme ISO/IEC 30134-2 définit 3 indicateurs issus du PUE. pPUE : PUE partiel car mesuré sur une partie du Data center (par exemple une salle). iPUE : PUE interim car mesuré sur une période inférieure à 12 mois (par exemple PUE journalier, mensuel, saisonnier). dPUE : PUE de conception.

Note :

La première publication sur le PUE éditée par le consortium The Green Grid et repris dans le UE Code of Conduct for Data center avait également identifié l'indicateur DCIE (Data center Infrastructure Efficiency) comme étant l'inverse du PUE.

$$DCIE = \frac{1}{PUE}$$

DCIE n'a pas fait l'objet d'une normalisation par l'ISO.

QUE MESURE CET INDICATEUR ?

Le PUE mesure l'efficacité énergétique de l'infrastructure au service de la production informatique. Selon son objectif de qualité de service, un Data center met en place une infrastructure qui consomme de l'énergie en plus de celle de la production informatique : distribution électrique, refroidissement et consommations annexes. En calculant le rapport entre l'énergie totale consommée par le Data center, divisée par l'énergie dédiée à la production informatique, le PUE donne une idée du surcoût lié à l'infrastructure.

POURQUOI L'UTILISER ?

Il est très facile d'accès dans sa version basique et donne un aperçu d'efficacité globale. Il permet de construire et d'opérer l'infrastructure comme l'informatique à partir de mesures simples. Il fournit rapidement une estimation des effets des variations de consommation d'énergie, selon le matériel informatique, sa charge ou l'infrastructure. La norme cadre les conditions d'utilisation, la définition des différents domaines du Data center et tous les paramètres permettant de faire de cet indicateur un critère fiable.

COMMENT LE MESURER ?

La mesure est bien indiquée par la norme qui considère plusieurs niveaux, selon que l'on sait mesurer plus ou moins loin de l'informatique. La définition basique effectue le rapport entre l'énergie consommée en entrée de Data center, divisée par les sorties des onduleurs ; une définition avancée la rapporte à la somme des consommations mesurées par des PDU intelligents juste avant l'informatique. Toutes les consommations sont prises en compte pendant la même période. Les énergies sont exprimées en kilowattheure, quelle que soit leur origine, renouvelable ou non, générée sur place ou non.

Facteurs influents : la mission du Data center, sa charge, sa localisation et d'autres facteurs indiqués par la norme.

Paramètres annexes : la norme ISO/IEC 30134-2 fait en particulier référence à la norme ISO/IEC 30134-1. Cette dernière normalise les définitions du Data center et de ses différentes composantes.

5/5

Utilisation

(1 peu utilisé, 5 très utilisé)

5/5

Facilité de mise en œuvre

(1 facile, 5 difficile)

2/5

Coût de mise en œuvre

(1 peu coûteux, 5 coûteux)

ATOUTS

Simple à mesurer et utiliser dans sa version la plus basique

LIMITES

Doit être utilisé avec d'autres pour compléter la représentation de l'impact environnemental en termes d'énergie électrique : renouvelable, énergie primaire

Le groupe de travail SC 39 travaille actuellement sur un indicateur basé sur l'énergie primaire

Ne permet pas de comparer des Data centers d'architecture ou de mission différentes

RENEWABLE ENERGY FACTOR

Type	Mesurée	Partie du Data center	Infrastructure
Abréviation	REF		
Indicateur normalisé	OUI IISO/IEC 30134-3		
Organisme de référence	ISO/IEC JTC1-SC39		

CALCUL

$$REF = \frac{E_{REN}}{E_{DC}}$$

E_{DC} désignant l'énergie annuelle consommée par le Data center en kWh.

E_{REN} désignant l'énergie renouvelable utilisée par le Data center, soit générée sur site, soit achetée à un fournisseur ou par certificat.

Mesurés pendant une période de 12 mois consécutifs.

QUE MESURE CET INDICATEUR ?

Le REF mesure la part d'énergie renouvelable consommée par le Data center.

Comme il cherche à promouvoir les énergies renouvelables, il considère tous les mécanismes d'utilisation, que ce soit en production locale qu'en achat extérieur.

POURQUOI L'UTILISER ?

Il est très facile d'accès et donne un ratio simple à comprendre, inférieur à 1.

La norme cadre les conditions d'utilisation permettant de faire de cet indicateur un critère fiable. En particulier, il ne prend pas en compte l'énergie renouvelable produite sur site et revendue à l'extérieur plutôt qu'autoconsommée. Il indique aussi le mode de calcul en cas de consommation intermittente d'énergie renouvelable.

COMMENT LE MESURER ?

La mesure est simple, et décrite dans la norme.

2/5

Utilisation

(1 peu utilisé, 5 très utilisé)

5/5

Facilité de mise en œuvre

(1 facile, 5 difficile)

1/5

Coût de mise en œuvre

(1 peu coûteux, 5 coûteux)

ATOUTS

Simple à comprendre

Simple à mesurer

LIMITES

Doit être utilisé avec d'autres pour compléter la représentation de l'impact environnemental en termes d'énergie électrique : renouvelable, énergie primaire

Ne distingue pas la production d'énergie renouvelable locale par rapport à celle achetée, dont l'impact sur l'énergie primaire est différent. Un autre document du SC39 prendra en charge cette limite

KPI EN COURS DE NORMALISATION

Le SC 39 de l'ISO mène actuellement une réflexion les indicateurs suivants qui sont à des niveaux différents du process de normalisation.

ERF : Energy Reuse Factor

COP : Coefficient of Performance

CER : Cooling Effectiveness Ratio

SEER : Seasonally adjusted Energy Efficiency Ratio

ITEU sv : IT Equipement Energie Use for servers

ITEE network : IT Equipement Energie Efficiency for network

ITEE storage : IT Equipement Energie Efficiency for storage

ITEU storage : IT Equipement Energie Use for storage

ITEE sv : IT Equipement Energie Efficiency for servers (détaillé ci après)

IT EQUIPMENT ENERGY EFFICIENCY FOR SERVERS

Type	Calculé	Partie du Data center	Informatique
Abréviation	ITEEsv		
Indicateur normalisé	En cours		
Organisme de référence	ISO / IEC JTC1 30134-4		

CALCUL

$$ITEEsv = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Perf Max Serveur}}{\sum_{i=1}^n \text{Consommation Max Serveur}}$$

Rapport entre la somme des performances maximum de serveurs par la consommation maximale des serveurs.

QUE MESURE CET INDICATEUR ?

Cet indicateur mesure le rapport entre la performance maximum de serveurs pour réaliser une tâche, rapporté à la consommation maximum de ces mêmes serveurs. C'est un indicateur de l'efficacité énergétique maximale de cet ensemble de serveurs.

POURQUOI L'UTILISER ?

Pour mesurer l'adéquation de l'outil informatique, les exploitants du système d'information utilisent des benchmarks spécifiques, relatifs à leur activité propre : puissance de calcul, performance du système de stockage, accès mémoire, taux de transfert... Ces tests de performance mettent souvent en évidence la performance maximum d'un ensemble de serveurs. En rapportant cette métrique à la consommation maximale du même ensemble de serveurs, on obtient une mesure de l'efficacité énergétique maximale du lot de serveurs à réaliser une tâche. Cette tâche étant fixée par le test, on pourra mesurer le maintien de l'adéquation de l'outil informatique lors des modifications de serveurs. C'est un indicateur de performance énergétique métier, hautement spécialisé : combien le système fournit-il de telle performance par Watt ?

COMMENT LE MESURER ?

Il faut effectuer simultanément 2 mesures : le résultat du test de performance et la consommation énergétique de chaque serveur. La méthodologie doit être précise et hautement reproductible. Le benchmark doit mesurer une activité qui influe sur la consommation énergétique du lot de serveurs. Ses itérations successives doivent avoir des résultats homogènes. Par exemple : je dispose d'un cluster de machines pour du calcul parallèle. Mon système est conçu pour atteindre sur 100 nœuds de calcul une valeur minimale en nombre d'opérations en calcul flottant par seconde. Le benchmark utilisé à la livraison est reconnu par la profession « Linpack ». Ce benchmark fixe la charge de manière reproductible. Il me donne le nombre maximal d'opérations en calcul flottant atteignable par mon système. Je mesure la consommation maximale de chaque nœud pendant l'exécution, par les PDU alimentant les nœuds. J'obtiens un rapport « Nombre maximal d'opérations en calcul flottant par Watt ». A supposer que je change le processeur de ces machines par un plus performant en calcul flottant, une nouvelle itération du test me permettra de comparer l'efficacité énergétique du système, donc son coût d'exploitation.

Facteurs influents : Le type de charge ainsi que la configuration matérielle et logicielle influent fortement. L'activité mesurée sur le groupe de machines doit influencer fortement sur la consommation énergétique.

Paramètres annexes : La publication des résultats doit être extrêmement précise et comporter la configuration du groupe de machines testées, le benchmark utilisé, sa version ainsi que sa configuration éventuelle, le mode de mesure de consommation, l'identification du Data center... La norme est en cours de rédaction : la norme devrait permettre de remplacer l'une ou l'autre de ces mesures par une valeur maximale connue, mais il faudra le spécifier.

1/5

Utilisation

(1 peu utilisé, 5 très utilisé)

3/5

Facilité de mise en œuvre

(1 facile, 5 difficile)

2/5

Coût de mise en œuvre

(1 peu coûteux, 5 coûteux)

ATOUTS

Indicateur spécifique à l'activité métier.

Facile à appliquer sur des grappes de serveurs identiques.

Mesure aisée de l'évolution de la performance par watt.

LIMITES

Le benchmark doit s'appliquer de façon uniforme à tous les serveurs d'un groupe.

Le benchmark doit être choisi avec soin, pour pouvoir s'appliquer de façon répétée.

Attention aux maths !

AVAILABILITY CAPACITY EFFICIENCY

Type	Global	Partie du Data center	Infrastructure
Abréviation	ACE		
Indicateur normalisé	NON		
Organisme de référence	Future Facilities Limited		

CALCUL

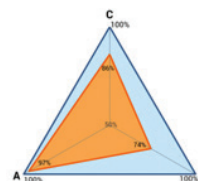
Availability ou Disponibilité = Charge électrique IT disponible dans le pire des cas de panne électrique ou de climatisation. Cet indicateur est exprimé en pourcentage de la charge totale.

Capacity ou capacité = Puissance électrique de l'IT pouvant être déployé en salle informatique sans risque thermique. Cet indicateur est exprimé en pourcentage par rapport à la capacité initiale prévue à la conception.

Efficiency ou efficacité : Métrique permettant d'évaluer si le process de climatisation et de traitement d'air des salles informatiques est efficace. Cet indicateur peut être exprimé en pourcentage du PUE réel par rapport au PUE cible de conception.

QUE MESURE CET INDICATEUR ?

Cet indicateur évalue et visualise les trois métriques essentielles à un remplissage serein (disponibilité) et responsable (pas de capacité gaspillée et énergie maîtrisée). Elles sont représentées sous la forme d'un triangle. ACE procure une approche holistique en termes de performance et intègre l'interaction entre les différentes métriques.



POURQUOI L'UTILISER ?

Cet indicateur a la spécificité de reposer sur des simulations numériques des écoulements d'air (CFD). En effet, les trois métriques sont évaluées lors de simulations prédictives du comportement de la salle en cas de panne ou lors de son remplissage au maximum de sa capacité. Il est donc un bon indicateur pour vérifier à l'avance que l'on peut remplir sa salle sans risque thermique (disponibilité élevée maintenue) avec une bonne efficacité énergétique (air froid bien distribué) et une capacité qui ne s'écarte pas de la capacité de conception de la salle. En effet, on remarque très souvent que lorsqu'on atteint un taux de remplissage de 60% des points chauds apparaissent limitant les déploiements futurs. Ceci constitue un coût considérable car il faut alors reconstruire un Data center ou trouver une solution d'hébergement. ACE guide le responsable de Data center pour remplir sa salle informatique jusqu'à ses limites de conception sans risque et efficacement.

COMMENT LE MESURER ?

L'indicateur de performance ACE est évalué à partir d'un modèle 3D de simulation qui a été calibré, appelé Salle Virtuelle (voir Encadré Limites). Une fois le modèle calibré, la simulation va permettre d'identifier les équipements qui peuvent être en situation de surchauffe (A) dans une situation donnée (affichage en rouge). Des indices d'efficacité relatifs à la distribution de l'air pour refroidir l'IT complètent l'approche (E).

Enfin, des baies sont ajoutées dans la salle pour simuler son comportement avec un taux de remplissage maximal et s'assurer que la capacité (C) n'est pas dégradée.

Paramètres annexes : Différents livres blancs sur ACE à <http://www.futurefacilities.com/media/whitepapers/>

La démarche autour de l'indicateur ACE a été un incubateur pour la naissance de l'indicateur PI (Performance Indicator – The Green Grid).

1/5

Utilisation

(1 peu utilisé, 5 très utilisé)

4/5

Facilité de mise en œuvre

(1 facile, 5 difficile)

4/5

Coût de mise en œuvre

(1 peu coûteux, 5 coûteux)

ATOUTS

L'indicateur ACE peut être utilisé à la fois par les concepteurs de Data centers pour proposer le meilleur design possible mais aussi par les opérateurs pour comparer la performance actuelle à la performance originelle en :

- Minimisant la période d'indisponibilité grâce à une disponibilité améliorée
- Contrôlant la capacité perdue – et donc les k€/kW et les TCO (Total Cost of Ownership) – pour maintenir la capacité de la salle
- Réduisant les factures énergétiques par une efficacité du refroidissement accrue

LIMITES

La mise en œuvre d'ACE est un travail conséquent car il nécessite une modélisation précise (inventaire exhaustif) et une calibration. Celle-ci consiste à réaliser des mesures sur site pour s'assurer que les données d'entrée imposées en simulation conduisent à un modèle qui se comporte fidèlement à la salle réelle. Cela passe par des mesures de débits d'air (dalles perforées, zones de reprise etc.) et des mesures de température d'air en particulier dans les zones de reprise et de soufflage. Des relevés électriques permettent de répartir la charge IT. Une fois le travail itératif de calibration réalisé, il va falloir mettre à jour le modèle de salle virtuelle et donc mettre en place des procédures pour répercuter dans le modèle les changements effectués. Une autre option est d'interfacer l'outil CFD avec un outil DCIM d'un groupe. Le benchmark doit être choisi avec soin, pour pouvoir s'appliquer de façon répétée.

Attention aux maths !

PERFORMANCE INDICATOR

Type	Global	Partie du Data center	Infrastructure
Abréviation	PI		
Indicateur normalisé	Non		
Organisme de référence	The Green Grid		

CALCUL

$$PUE_r = \frac{PUE_{ref}(x)}{PUE_{actuel}}$$

$$IT\ Thermal\ Resilience = \frac{Eq.Load\ [T_{max\ inlet} < 32\ C\ under\ worst\ case\ cooling\ failure]}{Total\ Eq.Load}$$

$$IT\ Thermal\ Conformance = \frac{Eq.Load\ [T_{max\ inlet} < 27\ C\ under\ normal\ operating]}{Total\ Eq.Load}$$

QUE MESURE CET INDICATEUR ?

Il propose trois métriques, sous la forme d'un triangle :

- PUE Ratio (PUEr(X)) : se réfère à une classe énergétique du Data center (voir ci-contre)
- IT Thermal Conformance : basée sur les températures d'air en entrée de l'IT en opération normale
- IT Thermal Resilience : basée sur les températures d'air en entrée de l'IT lors d'une panne d'ACU ou une opération de maintenance.

Une performance cible est définie (zone en vert ci-dessus).

POURQUOI L'UTILISER ?

Cet indicateur évalue et visualise la performance du refroidissement du Data center. Il permet d'avoir une vision équilibrée des performances en termes de refroidissement. Il intègre l'efficacité énergétique, la fiabilité des équipements en mode de fonctionnement normal et la résilience thermique de l'infrastructure en cas de panne ou arrêt de la climatisation. C'est un outil d'aide à la décision pour maintenir la capacité de la salle.

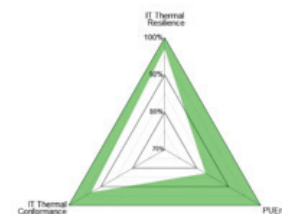
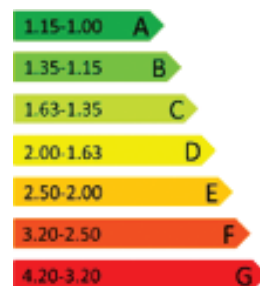
COMMENT LE MESURER ?

Cet indicateur repose sur des mesures de puissances électriques et de températures d'air ou de la thermographie IR. Il introduit les techniques de modélisation des flux d'air pour évaluer le PI, pour mesurer la performance aujourd'hui, mais aussi lors des évolutions futures de la salle. Il définit quatre niveaux d'évaluation : niveaux 1 et 2, mesures seules ; niveaux 3 et 4, mesures plus simulations.

Paramètres annexes : TGG met en ligne un outil pour entrer, afficher et stocker le triangle et les valeurs des 3 métriques pour plusieurs salles dans le temps :

<http://www.thegreengrid.org/en/Global/Content/Tools/PerformanceIndicatorTool> d'après le livre blanc WP#68

<http://www.thegreengrid.org/en/Global/Content/white-papers/WP68-ThePerformanceIndicator>



1/5

Utilisation

(1 peu utilisé, 5 très utilisé)

4/5

Facilité de mise en œuvre

(1 facile, 5 difficile)

3/5

Coût de mise en œuvre

(1 peu coûteux, 5 coûteux)

ATOUTS

Il permet d'améliorer la performance énergétique (en particulier souffler de l'air plus chaud), tout en conciliant résilience et fiabilité de l'IT. Il permet de suivre les évolutions de la performance dans le temps et d'anticiper son évolution lorsqu'on fait des changements.

LIMITES

L'évaluation de la résilience thermique sans simulation numérique nécessite de mesurer les températures d'entrée d'air lors de l'arrêt d'une partie de la climatisation.

La mise en œuvre du PI pour avoir une approche prédictive requiert la construction d'un modèle de simulation 3D calibré (niveau 4), donc quelque chose de conséquent.

DATA CENTER PERFORMANCE

Type	Global	Partie du Data center	Infrastructure
Abréviation	DCp		
Indicateur normalisé	Oui		
Organisme de référence	ETSI RGS/OEU-0011		

CALCUL

$DC_P = KPI_{TE} \times (1 - W_{REUSE} \times KPI_{REUSE}) \times (1 - W_{REN} \times KPI_{REN})$

Le calcul de l'indicateur DCp est effectué en multipliant plusieurs éléments.
KPI TE : KPI Task Efficiency, mesure de la performance énergétique du Data center (s'approche du PUE)
Wreuse et KPIreuse font référence à la réutilisation de la chaleur fatale issue du Data center.
Wren et KPIren réfèrent à l'utilisation d'énergie renouvelable locale.

QUE MESURE CET INDICATEUR ?

Cet indicateur est une agrégation de plusieurs indicateurs (performance du Data center, réutilisation de la chaleur fatale, utilisation des énergies renouvelables) qui a pour finalité à travers une étiquette de type affichage énergétique de comprendre facilement le niveau de performance énergétique d'un datacenter.

DC commissioning date	since 2005 (see note)		before 2005 (see note)	
Class	DC _P		DC _P	
	≥	<	≥	<
A		0,70		1,00
B	0,70	1,00	1,00	1,40
C	1,00	1,30	1,40	1,70
D	1,30	1,50	1,70	1,90
E	1,50	1,70	1,90	2,10
F	1,70	1,90	2,10	2,30
G	1,90	2,10	2,30	2,50
H	2,10	2,40	2,50	2,70
I	2,40		2,70	

NOTE: Year of Kyoto Protocol entering into force.

1/5
Utilisation
(1 peu utilisé, 5 très utilisé)

2/5
Facilité de mise en œuvre
(1 facile, 5 difficile)

1/5
Coût de mise en œuvre
(1 peu coûteux, 5 coûteux)

ATOUTS
Une note unique

LIMITES
L'agrégation de plusieurs indicateurs peut rendre l'analyse plus complexe.



EAU

L'EAU

Dans les Data centers, les consommations d'eau directe sont essentiellement liées aux process de climatisation (si utilisation de process adiabatique) et aux process de traitement de l'air des salles informatiques (humidification), ainsi d'un site à l'autre, selon les sites, leur technologie de climatisation et les conditions climatiques de leur environnement, les consommations d'eau directe varient.

L'eau utilisée est le plus fréquemment de l'eau de ville, néanmoins, certains Data centers peuvent utiliser les eaux pluviales récupérées dans une bache ou directement l'eau du milieu naturel (nappe phréatique, cours d'eau).

Les consommations d'eau indirectes sont largement supérieures car il faut d'une part considérer les volumes d'eau consommés pour la fabrication des équipements IT (pour rappel près de 4m³ d'eau ultra pure pour un wafer de silicium, source EIME) mais également les volumes d'eau consommés par la production de l'électricité consommée par le Data center, dans ce cas, le facteur varie selon le mix énergétique (près de 3 litres d'eau pour 1 kWh d'origine nucléaire, source Ecolnvent).

La consommation d'eau directe du site est l'indicateur le plus commun car cette information est communiquée par le fournisseur, l'eau étant facturée selon les volumes consommés.

En termes de performance environnementale du Data center, l'indicateur WUE a déjà fait l'objet d'une publication par The Green Grid.

WUE représente les consommations d'eau directe du Data center par kilowattheure consommé par les équipements informatiques, cet indicateur est fortement lié aux conditions climatiques et à la technologie de climatisation.

Néanmoins les consommations d'eau directe du site peuvent être non significatives si l'on intègre dans le périmètre d'étude les consommations d'eau liées à la production d'électricité qui est évaluée par le calcul **WUE source**.

L'ISO mène des travaux de normalisation des KPI liés à l'eau dans les Data centers avec **Water Usage Factor** et **Water Reuse**.

Enfin, du point de vue des usages, les tendances vont vers la mesure des consommations d'eau totales associées à un service numérique, dans ce cas, il faut rajouter les consommations d'eau liées à la fabrication des équipements informatiques.

WATER USAGE EFFECTIVENESS

Type	Calculé	Partie du Data center	Infrastructure
Abréviation	WUE - WUE source		
Indicateur normalisé	Le KPI est en cours de normalisation par l'ISO (ISO/IEC JTC1-SC39)		
Organisme de référence	ISO - Une première version a été éditée en 2011 par The Green Grid		

CALCUL

$$WUE = \frac{Ceau_{DC}}{E_{IT}}$$

$$WUE_{source} = \frac{Ceau_{DC} + Ceau_{élec}}{E_{IT}}$$

E_{IT} désignant l'énergie consommée par la production informatique. $Ceau_{DC}$ désignant la consommation d'eau directe du Data center. $Ceau_{élec}$ désignant la consommation d'eau liée à la production de l'électricité totale consommée par le Data center. Les 2 indicateurs sont calculés sur 12 mois glissants.

QUE MESURE CET INDICATEUR ?

Cet indicateur a été édité en complément des indicateurs PUE et WUE afin de pouvoir évaluer la performance environnementale des Data centers. WUE mesure les consommations d'eau directe et indirecte liées à l'énergie par kWh IT.

POURQUOI L'UTILISER ?

Cet indicateur est une aide à la décision afin de choisir les technologies qui soient les plus efficaces en consommation d'eau globale. Il permet de comparer les performances entre les Data centers. Il permet d'évaluer la pertinence des actions d'amélioration à mettre en place pour réduire le stress sur les ressources aquatiques. Il doit être utilisé en complément de CUE et PUE afin d'identifier les actions d'amélioration de performance ayant le meilleur compromis entre ces 3 KPI.

COMMENT LE MESURER ?

Mesure de la consommation IT (kWh) : Consommations d'énergie des équipements informatiques (calcul, stockage, réseaux) à laquelle s'ajoute la moindre consommation d'énergie des équipements nécessaires à la supervision du Data center. Consommations d'eau : consommations d'eau du Data center sur 12 mois, liées aux process d'humidification, de refroidissement et les consommations d'eau liées à la production d'énergie (scope 2).

Facteurs influents :

- Mix énergétique
- EWIF : Energy Water Intensity Factor, niveau de consommations d'eau liées à la production d'électricité.
- Consigne d'hygrométrie

Paramètres annexes : L'amélioration du WUE et la réduction des consommations d'eau peut avoir des effets annexes comme l'augmentation des consommations en réactifs pour traiter l'eau ou l'augmentation des consommations d'énergie pour le refroidissement. L'utilisation de technologie de refroidissement à eau amène de nouvelles problématiques d'exploitation telles que :

- Intégration d'une ressource sensible (prévoir une redondance pour garantir un même niveau de disponibilité)
- Risques d'exploitation et d'atteinte à l'environnement (surconsommations liées aux fuites)
- Consommations de réactifs pour prévenir le développement de bactéries dans les bras morts en cas de recirculation (légionelles).

2/5

Utilisation

(1 peu utilisé, 5 très utilisé)

1/5

Facilité de mise en œuvre

(1 facile, 5 difficile)

1/5

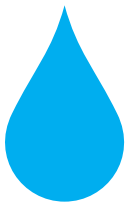
Coût de mise en œuvre

(1 peu coûteux, 5 coûteux)

ATOUTS

Cet indicateur est simple à calculer et permet en complément de lecture du PUE et CUE d'avoir une lecture multicritère de la performance environnementale du Data center.

LIMITES



CONSOMMATIONS D'EAU DIRECTE

Type	Mesuré	Partie du Data center	Infrastructure
------	--------	-----------------------	----------------

L'eau est utilisée dans différents systèmes de climatisation pour maintenir la température et l'hygrométrie de l'air dans les Data center. Les systèmes de climatisation consomment des quantités d'eau plus ou moins importantes. L'eau consommée est quantifiée en m3.

COMMENT LA MESURER ?

La consommation d'eau directe est généralement mesurée au niveau du compteur général du Data center.

La bonne pratique est d'avoir des sous compteurs permettant de mesurer les consommations d'eau par process (humidification, climatisation, réseau incendie, sanitaires).



FIN DE VIE

LA FIN DE VIE

Les Data centers produisent plusieurs types de déchets, d'une part les déchets liés aux opérations de maintenance de l'infrastructure (huiles de vidange, fluides frigorigènes, éclairages, batteries, équipements en fin de vie...), d'autre part les DEEE ou déchets d'équipements électriques et électroniques et finalement des déchets liés aux activités tertiaires du site (bureaux, base vie).

L'ensemble des équipements informatiques y compris ceux installés dans les Data centers ont des durées de vie de plus en plus courtes. Ces équipements en fin de vie deviennent des DEEE, ils contiennent de nombreuses substances ou composants dangereux pour l'environnement mais ils présentent aussi un fort potentiel de recyclage des matériaux qui les composent, par contre, ils peuvent être à l'origine de nombreux impacts environnementaux lorsqu'ils ne sont pas orientés vers des filières agréées.

710 millions d'équipements ont été mis sur le marché français en 2015 ; représentant : 1,68 million de tonnes d'EEE, soit 166 fois le poids de la tour Eiffel ou plus de 32 fois le poids du Titanic. 621 557 tonnes de DEEE ont été collectées en France en 2015 (+17,8%). Soit plus de 3,89 millions de tonnes de DEEE collectées depuis 2006
Source ADEME : <http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/registre-eee-donnees-2015-201610-rapport-annuel.pdf>

La gestion des déchets est soumise à de nombreuses réglementations environnementales et il est important de souligner que l'article X du Code de l'Environnement spécifie :

« Tout producteur ou détenteur de déchets est tenu d'en assurer ou d'en faire assurer la gestion...

Tout producteur ou détenteur de déchets est responsable de la gestion de ces déchets jusqu'à leur élimination ou valorisation finale, même lorsque le déchet est transféré à des fins de traitement à un tiers.

Tout producteur ou détenteur de déchets s'assure que la personne à qui il les remet est autorisée à les prendre en charge. »

L'opérateur de Data center, en tant que producteur ou détenteur de déchets, est responsable de ses déchets jusqu'à leur élimination et il doit conserver la traçabilité de leur élimination.

La réglementation impose aux producteurs de déchets de tenir à jour un registre des déchets dont le contenu est défini par l'arrêté du 29 février 2012.

Le suivi de l'élimination des déchets dangereux doit se faire à l'aide d'un Bordereau de Suivi de Déchets (formulaire CERFA n° 12571*01).

A l'échelle française, l'organisation de la filière des DEEE est réglementée notamment par le décret n° 2014-928 du 19 août 2014.

Les producteurs d'EEE sont responsables de l'enlèvement et du traitement des DEEE professionnels mis sur le marché, c'est ce que l'on appelle la REP (Responsabilité Elargie des Producteurs).

Ils peuvent remplir cette obligation en mettant en place un système de reprise individualisé ou en adhérant à un éco-organisme agréé par les pouvoirs publics.

A ce jour, Ecologic est l'éco-organisme agréé par l'état pour le recyclage de équipements de catégorie 3 et 4 (équipements informatiques, bureautique, télécoms, audio et vidéo) issus des activités des entreprises.

LES ÉCO-ORGANISMES

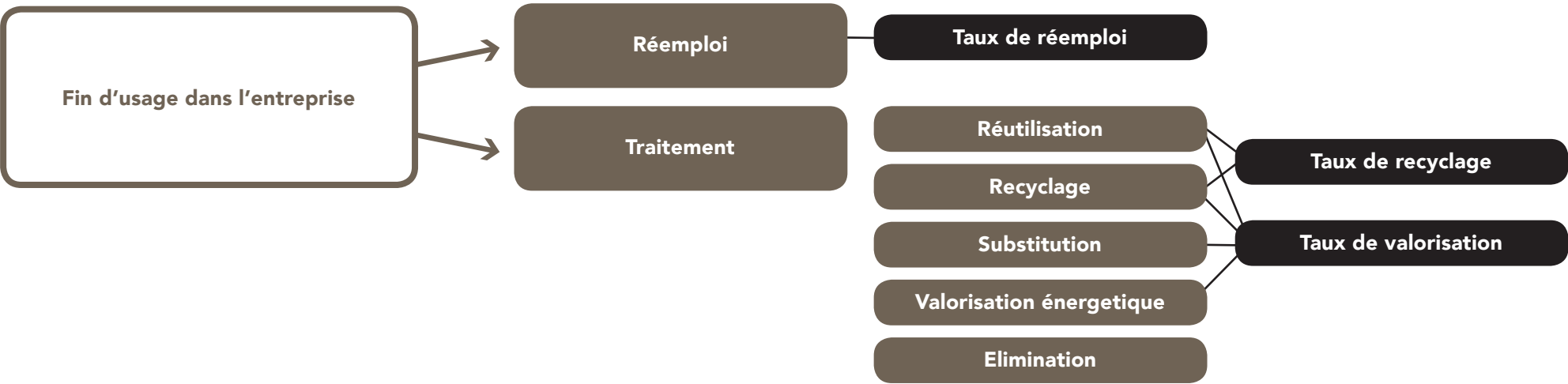
Un éco-organisme est une structure à but non lucratif à laquelle les producteurs – concernés par les obligations de la REP – transfèrent leurs obligations de collecte moyennant le paiement d’une contribution financière. Les éco-organismes sont agréés par les pouvoirs publics sur la base d’un cahier des charges précis pour mener à bien leur mission.

Les éco-organismes proposent aux détenteurs de déchets des solutions optimisées de collecte, traitement, dépollution des DEEE tout en assurant leur traçabilité. De par leur agrément, ils sont soumis à des obligations de moyens et de résultats et assument la responsabilité d’élimination des déchets dès la collecte et jusqu’à la valorisation finale.

Ils sont garants de la qualité de la filière, ils sélectionnent, pilotent et audient les opérateurs de la filière et fournissent des éléments de reporting.

Les KPI intéressants à suivre sont la déclinaison au niveau du Data center des KPI utilisés à l’échelle nationale. Il s’agit d’une part de suivre le taux de réemploi des équipements, et d’autre part, la **production de déchets par catégorie** de déchets, leur **taux de valorisation** et leur **taux de recyclage**.

Le schéma suivant présente les différentes étapes associées à la fin de vie des équipements, les indicateurs sont détaillés en annexe.





PRODUCTION DE DÉCHETS

Type	Calculé	Partie du Data center	Infrastructure Informatique
------	---------	-----------------------	-----------------------------

COMMENT LA MESURER ?

La production de déchets se mesure en tonne par type de déchets.

La valeur peut être calculée par la somme des valeurs mesurées lors de chaque enlèvement à l'arrivée au centre de traitement. Cette valeur est disponible sur les bordereaux de suivi de déchets ou sur les tickets de pesée délivrés par les déchetteries.

$$Production\ déchet\ 1 = \sum_1^n Tdéchet1$$

Les déchets font l'objet d'une classification européenne à 6 chiffres (Annexe II de l'article R541-8 du Code de l'Environnement).

TAUX DE RÉ-EMPLOI

Type	Calculé	Partie du Data center	Infrastructure Informatique
Indicateur normalisé	Article L 541-1-1 Code de l'environnement		

CALCUL

Le Code de l'Environnement définit le réemploi comme étant toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui ne sont pas des déchets sont utilisés de nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus

$$\text{Taux de réemploi} = \frac{N_{\text{Réemploi}}}{N_{\text{FDVIT}}}$$

$N_{\text{Réemploi}}$ désignant le nombre d'équipements reconditionnés pour une seconde vie, le réemploi peut se faire interne avec la réutilisation d'équipement pour des process moins sensibles ou par le don aux collaborateurs ou externe par des brokers.

N_{FDV} désignant le nombre d'équipement fin de vie pour un usage défini.

Cet indicateur peut être mesuré selon des périodicités définies par l'organisation, néanmoins, le résultat le plus souvent utilisé est sur une base annuelle.

QUE MESURE CET INDICATEUR ?

Cet indicateur mesure la performance de la fin de vie dans l'entreprise, le réemploi permet d'allonger la vie des équipements en leur permettant une seconde vie.

POURQUOI L'UTILISER ?

Cet indicateur est facile à calculer. Il peut être intéressant de différencier le réemploi interne (autre usage, don aux collaborateurs) du réemploi externe (don aux associations, brokers)

COMMENT LE MESURER ?

Il ne s'agit pas d'une mesure à proprement parler car les valeurs utilisées pour le calcul sont généralement mesurées par des tiers, les centres de réception ou de traitement des déchets.

Cet indicateur peut être calculé à tous les niveaux du Data center : infrastructure, informatique, service.

Facteurs influents : Type d'équipements considérés

2/5

Utilisation

(1 peu utilisé, 5 très utilisé)

5/5

Facilité de mise en œuvre

(1 facile, 5 difficile)

1/5

Coût de mise en œuvre

(1 peu coûteux, 5 coûteux)

ATOUTS

Simple à calculer

Permet de valoriser les initiatives de l'entreprise.

LIMITES

Nécessite de mettre en place un suivi dédié.

TAUX DE VALORISATION

Type	Calculé	Partie du Data center	Infrastructure Informatique
Indicateur normalisé	Article L 541-1-1 Code de l'environnement		

CALCUL

Le Code de l'Environnement définit la valorisation comme étant toute opération dont le résultat principal est que des déchets servent à des fins utiles en substitution à d'autres substances, matières ou produits qui auraient été utilisés à une fin particulière, ou que des déchets soient préparés pour être utilisés à cette fin, y compris par le producteur de déchets.

$$\text{Taux de valorisation} = \frac{T_{\text{valorisées}}}{T_{\text{FDVIT}}}$$

$T_{\text{valorisées}}$ désignant le tonnage de déchets valorisés

T_{FDV} désignant les tonnes du déchet considéré arrivant en fin de vie dans l'entreprise

Cet indicateur peut être mesuré selon des périodicités définies par l'organisation, néanmoins, le résultat le plus souvent utilisé est sur une base annuelle.

La filière finale de traitement des déchets est indiquée sur les Bordereaux de Suivi de Déchets.

QUE MESURE CET INDICATEUR ?

Cet indicateur mesure la performance de la gestion des déchets, afin d'être plus précis, il peut être complété du calcul du taux de recyclage (le recyclage faisant partie de la valorisation).

POURQUOI L'UTILISER ?

Cet indicateur est facile à calculer.

COMMENT LE MESURER ?

Il ne s'agit pas d'une mesure à proprement parler car les valeurs utilisées pour le calcul sont généralement mesurées par des tiers, les centres de réception ou de traitement des déchets.

Cet indicateur peut être calculé à tous les niveaux du Data center : infrastructure, informatique, service.

Facteurs influents : Type d'équipements considérés, filière et prestataires en charge des opérations.

2/5

Utilisation

(1 peu utilisé, 5 très utilisé)

4/5

Facilité de mise en œuvre

(1 facile, 5 difficile)

1/5

Coût de mise en œuvre

(1 peu coûteux, 5 coûteux)

ATOUTS

Simple à calculer

Permet d'être en cohérence avec les objectifs

LIMITES

Nécessite de récupérer l'ensemble des bordereaux de suivi de déchets

TAUX DE RECYCLAGE

Type	Calculé	Partie du Data center	Infrastructure, Informatique, Service
Indicateur normalisé	Article L 541-1-1 Code de l'environnement		

CALCUL

Le Code de l'Environnement définit le recyclage comme étant toute opération de valorisation par laquelle les déchets, y compris les déchets organiques, sont retraités en substances, matières ou produits aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins. Les opérations de valorisation énergétique des déchets, celles relatives à la conversion des déchets en combustible et les opérations de remblaiement ne peuvent pas être qualifiées d'opérations de recyclage.

$$\text{Taux de recyclage} = \frac{T_{\text{recyclées}}}{T_{\text{FDVIT}}}$$

$T_{\text{recyclées}}$ désignant le tonnage de déchets recyclés

T_{FDV} désignant les tonnes du déchet considéré arrivant en fin de vie dans l'entreprise

Cet indicateur peut être mesuré selon des périodicités définies par l'organisation, néanmoins, le résultat le plus souvent utilisé est sur une base annuelle.

La filière finale de traitement des déchets est indiquée sur les Bordereaux de Suivi de Déchets.

QUE MESURE CET INDICATEUR ?

Cet indicateur mesure la part de valorisation matière au niveau de la gestion des déchets.

POURQUOI L'UTILISER ?

Cet indicateur est facile à calculer.

COMMENT LE MESURER ?

Il ne s'agit pas d'une mesure à proprement parler car les valeurs utilisées pour le calcul sont généralement mesurées par des tiers, les centres de réception ou de traitement des déchets.

Cet indicateur peut être calculé à tous les niveaux du Data center : infrastructure, informatique, service.

Facteurs influents : Type d'équipements considérés. Performance des prestataires et de la filière choisie.

2/5

Utilisation

(1 peu utilisé, 5 très utilisé)

4/5

Facilité de mise en œuvre

(1 facile, 5 difficile)

1/5

Coût de mise en œuvre

(1 peu coûteux, 5 coûteux)

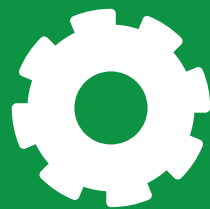
ATOUTS

Simple à calculer

Permet d'être en cohérence avec les objectifs

LIMITES

Nécessite de récupérer l'ensemble des bordereaux de suivi de déchets



LES RESSOURCES

LES RESSOURCES

Les Data centers et surtout l'ensemble des équipements qu'ils hébergent représentent un enjeu majeur du point de vue de l'épuisement des ressources naturelles non renouvelables.

De toutes les industries, l'industrie électronique est la plus gourmande par unité de production en eau, énergie, matériaux, métaux. Et les réserves de certains de ces composants seront bientôt critiques comme l'indique le tableau ci-dessous.

	Argent	Cuivre	Indium	Galium	Germanium	Lithium	Tantale	Terres rares
Usage	Contacts	Câbles	Ecrans	Leds	Wifi	Batteries	LCD, condensateurs	LCD, aimants
Part de la production mondiale dédiée aux TIC	21%	42%	>50%	40%	15%	20%	66%	20%
Réserves (ans)	15-30	40	10-15	10-15	10-15	Grandes	150	Grandes
Recyclage	>50%	>50%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%

Exemple de métaux utilisés dans les TIC et les enjeux associés (Drezet 2012, Vidal 2016)

Au niveau des Data centers, il paraît difficile d'améliorer directement ces paramètres, néanmoins, les actions efficaces qui peuvent être menées sont de choisir des équipements conformes avec la Directive RoSH, le dimensionnement des besoins au plus juste, l'allongement de la durée de vie par le réemploi et de suivre les indicateurs suivants :

- Inventaire du parc informatique : serveurs par type, équipements de stockage par type, équipements réseaux par type
- Durée de vie des équipements

Ces indicateurs peuvent se décliner par usage informatiques afin de piloter l'évolution de la performance.



GAZ À EFFET DE SERRE

GAZ À EFFET DE SERRE

Les émissions de gaz à effet de serre et la lutte contre le changement climatique sont des enjeux à l'échelle mondiale et ont fait l'objet de plusieurs réglementations dans l'objectif de les réduire.

La réalisation du **bilan des émissions de gaz à effet de serre** est devenue une obligation réglementaire pour certaines organisations, il est généralement détaillé selon 3 scopes définis par les normes de la série ISO 14064.

Le calcul du **CUE** (Carbon Usage Effectiveness) a déjà fait l'objet d'une publication par The Green Grid et est en cours de normalisation par l'ISO/CEI, cet indicateur évalue les émissions de gaz à effet de serre par kilowattheure consommé par les équipements informatiques hébergés dans le Data center.

Au niveau des tendances, émergent des demandes des entreprises utilisatrices **la mesure des émissions de gaz à effet de serre par unité de service délivré** (méthode bilan carbone ou équivalent).

BILAN DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

Type	Calculé	Partie du Data center	Toutes
Abréviation	BGES		
Indicateur normalisé	ISO 14064-1:2006		
Organisme de référence	ISO		
	GHG Protocol ICT Guidance sector		
	Ademe – Méthode bilan carbone : Guide sectoriel TNIC		

CALCUL

$$\text{Bilan GES} = \sum_{i=1}^n \text{Flux}(i) \times \text{FE}(i)$$

Flux (i) = flux quantitatif de matière i

FE(i) = Facteur d'émission (i)

QUE MESURE CET INDICATEUR ?

Cet indicateur mesure les émissions de gaz à effet de serre générées par l'ensemble du Data center en approche globale de type cycle de vie. Les valeurs peuvent être isolées afin d'identifier les émissions associées à une partie du Data center ou un service informatique spécifique.

POURQUOI L'UTILISER ?

La Loi portant Engagement National pour l'Environnement du 12 juillet 2010 a posé le principe d'une généralisation des bilans d'émissions de gaz à effet de serre pour un certain nombre d'acteurs. Les entreprises de plus de 500 collaborateurs, les collectivités de plus de 50 000 habitants et les établissements publics de plus de 250 agents sont dans l'obligation de réaliser un bilan des émissions de gaz à effet de serre et de le mettre à jour tous les 3 ans.

COMMENT LE MESURER ?

L'évaluation du BGES est spécifiée dans les méthodes et guides sectoriel, elle comporte plusieurs étapes : définition du périmètre de l'étude, des postes d'émission et des données à collecter, collecte des données, traitement, analyse et rédaction du rapport.

A chaque donnée est associé un facteur d'émission qui permet de convertir les flux physiques du Data center en émissions de gaz à effet de serre. Le bilan global est la somme des flux multipliés par les facteurs d'émission qui leur sont propres.

Les résultats sont analysés selon les 3 scopes définis par les normes :

- Les émissions directes (scope 1) : qui ont lieu lors de la combustion des combustibles fossiles (fioul des groupes électrogènes dédiés au secours électrique) et lors des fuites accidentelles des fluides frigorigènes des systèmes de climatisation.
- Les émissions indirectes liées à la production des énergies consommées via le réseau (scope 2), il s'agit de l'électricité et parfois de l'eau glacée lorsque le Data center est relié à un réseau de climatisation.
- Les autres émissions indirectes (scope 3) dont surtout celles générées lors de la phase de fabrication des équipements de l'infrastructure et des équipements IT.

Les supports de communication des résultats sont définis par la réglementation.

3/5

Utilisation

(1 peu utilisé, 5 très utilisé)

2/5

Facilité de mise en œuvre

(1 facile, 5 difficile)

2/5

Coût de mise en œuvre

(1 peu coûteux, 5 coûteux)

ATOUTS

Les indicateurs sur le climat font l'objet de vulgarisation scientifique depuis plusieurs années et ils sont généralement bien appréhendés par les parties prenantes.

LIMITES

La réalisation du bilan des émissions de gaz à effet de serre peut être long à réaliser en interne.

CARBON USAGE EFFECTIVENESS

Type	Calculé	Partie du Data center	Infrastructure
Abréviation	CUE		
Indicateur normalisé	En cours		
Organisme de référence	Une première version a été éditée en 2010 par The Green Grid. Le KPI est en cours de normalisation par l'ISO (ISO/IEC JTC1-SC39)		
Catégorie environnement	Gaz à effet de serre		

CALCUL

$$CUE = \frac{\text{TOTAL des émissions de CO2 liées à la consommation totale d'énergie du Data center}}{\text{Consommations d'énergies des équipements IT}}$$

Le CUE est exprimé en kg CO2 par kWhIT.

QUE MESURE CET INDICATEUR ?

Cet indicateur a été édité en complément des indicateurs PUE et WUE afin de pouvoir évaluer la performance environnementale des Data centers. CUE mesure les émissions de gaz à effet de serre induites par le fonctionnement du Data center.

POURQUOI L'UTILISER ?

Cet indicateur est une aide à la décision afin de choisir les technologies qui soient les plus efficaces en termes d'émissions de gaz à effet de serre globales.

Il permet de comparer les performances entre les Data centers. Il permet d'évaluer la pertinence des actions d'amélioration à mettre en place pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. Il doit être utilisé en complément de WUE et PUE afin d'identifier les actions d'amélioration de performance ayant le meilleur compromis entre ces 3 KPI.

COMMENT LE MESURER ?

Mesure de la consommation IT : Consommations d'énergie des équipements informatiques (compute, storage & network : calcul, stockage et réseaux) + consommations des équipements nécessaires à la supervision du Data center.

Sur 12 mois, exprimé en kWh. Emission de gaz à effet de serre : émissions de gaz à effet de serre du Data center sur 12 mois, liées aux process de secours électrique et liées à la production d'énergie (scope 2).

Facteurs influents :

Mix énergétique.

CEF : Carbon Efficiency Factor : niveau d'émissions de gaz à effet de serre de la production d'électricité.

Utilisation de sources d'énergies renouvelables.

Paramètres annexes :

L'utilisation de sources d'énergies renouvelables sur site permet de réduire les consommations d'électricité et donc le CUE.

4/5

Utilisation

(1 peu utilisé, 5 très utilisé)

1/5

Facilité de mise en œuvre

(1 facile, 5 difficile)

1/5

Coût de mise en œuvre

(1 peu coûteux, 5 coûteux)

ATOUTS

Offre une bonne complémentarité au PUE et WUE afin d'avoir une approche multicritère

LIMITES

Cet indicateur ne prend pas en considération l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre induites par le fonctionnement du Data center.

Seuls les scopes 1 et 2 sont considérés, c'est-à-dire que les émissions de gaz à effet de serre liées à la fabrication des équipements informatiques sont exclues.

C'est un indicateur monocritère qui ne prend pas en compte d'autres impacts liés à la production d'électricité (production de déchets nucléaires, consommations d'eau, épuisement des ressources...)



APPROCHE CYCLE DE VIE

LES TENDANCES

Au niveau des entreprises utilisatrices, on note de plus en plus de demandes d'évaluation et d'affichage de la performance environnementale des services numériques.

Ces demandes sont issues de motivations diverses :

- Mesurer les impacts environnementaux et identifier des leviers d'amélioration
- Mesurer les impacts des actions menées
- Renforcer le dialogue avec les parties prenantes
- Développer un argumentaire environnemental pour se différencier d'un point de vue commercial

Ceci se traduit par l'affichage pour un service numérique donné (messagerie, vidéo, stockage, application métier...) d'indicateurs calculés en approche cycle de vie, c'est-à-dire considérant:

- Les impacts associés à toutes les étapes du cycle de vie : fabrication, utilisation, fin de vie
- Plusieurs indicateurs : eau, énergie, gaz à effet de serre, épuisement des ressources...
- Les trois piliers de l'architecture physique permettant de délivrer le service : terminaux et objets, Data center, réseaux de télécommunication

Il s'agit d'une approche globale reposant sur des méthodes d'analyse de cycle de vie simplifiée permettant de mesurer et réduire les impacts environnementaux en évitant les transferts de pollution d'une étape à l'autre ou d'un impact à l'autre.

Pour calculer ces indicateurs, il est indispensable qu'ils aient été calculés à l'échelle du Data center où sont hébergés les équipements permettant de délivrer le service.

Les opérateurs de Data centers disposent généralement de toutes les informations générées pour réaliser les calculs, en intégrant ces points, les Data centers deviennent donc des « KPI providers » pour les services qu'ils hébergent.

Exemples d'indicateurs générés services:

Par service ou pool de service délivré sur une durée donnée (en général 1 an):

- Bilan des émissions de gaz à effet de serre (en kg CO2 équivalent)
- Bilan Eau : consommations d'eau liées à la fabrication des équipements et infrastructures requis pour le service, leur utilisation et leur fin de vie (en litre)
- Demande Globale en Energie: consommations d'énergies liées à la fabrication des équipements et infrastructures requis pour le service, leurs utilisations et leurs fin de vie (en kWh d'énergie primaire)
- Bilan déchets: poids de déchets générés par le fonctionnement du service (en kg)
- Bilan épuisement des ressources: indicateur d'épuisement des ressources naturelles non renouvelables issu de calcul d'analyse de cycle de vie (simplifiée ou non), exprimé en équivalent antimoine.

Le développement de l'utilisation de ces indicateurs en approche cycle de vie est poussé notamment par la révision de la norme ISO 14001 v2015 qui intègre la notion de cycle de vie dans l'évaluation des impacts environnementaux des organisations certifiées.

BILAN ENERGIE

Type	Calculé	Partie du Data center	Service
Indicateur normalisé	OUI ISO 14040 et ISO 14044		

CALCUL

$$\text{Bilan Energie} = \frac{E(\text{fabrication}) + E(\text{utilisation}) + E(\text{fin de vie})}{\text{Nb d'unités fonctionnelles délivrées sur une période ref}}$$

$$E(\text{fabrication}) = \sum_{\text{Equipment}=1}^n \frac{E_{\text{fab}}(\text{équipement}) \times \text{Période ref} \times F}{\text{Durée de vie}}$$

Efab= Energie « grise » nécessaire pour fabriquer et distribuer un équipement (des couches infrastructures, informatiques). Période ref = Période considérée dans l'unité fonctionnelle. Durée de vie= durée de vie de l'équipement. F= facteur(s) d'allocation de l'équipement (par exemple lorsqu'il s'agit d'un équipement utilisé pour plusieurs usages)

$$E(\text{utilisation}) = \sum_{\text{Equipment}=1}^n E_{\text{util}}(\text{équipement}) \times F$$

Eutil= Energie consommée par les équipements lors de la période de référence.

F= facteur(s) d'allocation de l'équipement (par exemple lorsqu'il s'agit d'un équipement utilisé pour plusieurs usages)

$$E(\text{fin de vie}) = \sum_{\text{Equipment}=1}^n \frac{E_{\text{fdv}}(\text{équipement}) \times \text{Période ref} \times F}{\text{Durée de vie}}$$

Efdv= Energie nécessaire pour gérer la fin de vie de l'équipement (transport, traitements), il peut y avoir plusieurs scénarios de traitement des déchets. Durée de vie= Durée de vie réelle de l'équipement, c'est-à-dire, sa durée de vie pour l'usage considéré à laquelle on ajoute la durée de vie liée au réemploi éventuel. F= facteur(s) d'allocation de l'équipement (par exemple lorsqu'il s'agit d'un équipement utilisé pour plusieurs usages) L'ensemble des valeurs sont exprimées en énergie primaire.

QUE MESURE CET INDICATEUR ?

Le bilan énergie d'un service représente toute l'énergie nécessaire pour délivrer une unité de référence. Le choix de l'unité de référence est généralement défini en rapport avec les unités de facturation ou de comptabilité, par exemple, stockage de 1Go dans le cloud ou 1 compte d'une application métier hébergée dans le datacenter. Le bilan énergie est en approche « cradle to the gate », c'est-à-dire que l'on considérera toutes les consommations d'énergies nécessaire à la fabrication et distribution, l'utilisation, la gestion de la fin de vie des équipements et infrastructures du Data center nécessaires pour délivrer le service.

POURQUOI L'UTILISER ?

Cet indicateur est utilisé dans le cadre des démarches d'écoconception de services numériques car il permet d'appréhender l'impact énergétique du produit final du Data center, c'est-à-dire le service. Il est généralement utilisé pour communiquer auprès des parties prenantes.

COMMENT LE MESURER ?

Le calcul de l'indicateur peut se faire soit en utilisant des bases de données d'analyse de cycle de vie de type EcoInvent ou ELCD ou en utilisant des données issues de la bibliographie. Facteurs influents : Mix énergétique, Dimensionnement de l'architecture physique associée au service.

1/5

Utilisation

(1 peu utilisé, 5 très utilisé)

3/5

Facilité de mise en œuvre

(1 facile, 5 difficile)

2/5

Coût de mise en œuvre

(1 peu coûteux, 5 coûteux)

ATOUTS

Indicateur global en approche cycle de vie.

Indicateur compréhensible par le grand public (peut être converti en équivalent habitant ou autre donnée parlante).

LIMITES

Nécessite de robustes bases de données.

BILAN EAU

Type	Calculé	Partie du Data center	Service
Indicateur normalisé	OUI ISO 14040 et ISO 14044		

CALCUL

$$\text{Bilan Eau} = \frac{\text{Eau (fabrication)} + \text{Eau (utilisation)} + \text{Eau (fin de vie)}}{\text{Nb d'unités fonctionnelles délivrées sur une période ref}}$$

$$\text{Eau (fabrication)} = \sum_{\text{Equipement}=1}^n \frac{\text{Eau.fab (équipement)} \times \text{Période ref} \times F}{\text{Durée de vie}}$$

Eaufab= Eau « grise » nécessaire pour fabriquer et distribuer un équipement (des couches infrastructures, informatiques)
Période ref = Période considérée dans l'unité fonctionnelle. Durée de vie= durée de vie de l'équipement. F= facteur(s) d'allocation de l'équipement (par exemple lorsqu'il s'agit d'un équipement utilisé pour plusieurs usages)

$$\text{Eau (utilisation)} = \sum_{\text{Equipement}=1}^n \text{Eau.util (équipement)} \times F$$

Eau.util= Eau consommée par les équipements lors de la période de référence (en incluant l'eau associée aux consommations d'électricité).
F= facteur(s) d'allocation de l'équipement (par exemple lorsqu'il s'agit d'un équipement utilisé pour plusieurs usages)

$$\text{Eau (fin de vie)} = \sum_{\text{Equipement}=1}^n \frac{\text{Eau.fdv (équipement)} \times \text{Période ref} \times F}{\text{Durée de vie}}$$

Eau.fdv= Eau nécessaire pour gérer la fin de vie de l'équipement (transport, traitements), il peut y avoir plusieurs scénarios de traitement des déchets. Durée de vie= Durée de vie réelle de l'équipement, c'est-à-dire, sa durée de vie pour l'usage considéré à la laquelle on ajoute la durée de vie liée au réemploi éventuel. F= facteur(s) d'allocation de l'équipement (par exemple lorsqu'il s'agit d'un équipement utilisé pour plusieurs usages). L'ensemble des valeurs sont exprimées en litre.

QUE MESURE CET INDICATEUR ?

Le bilan eau d'un service représente toute l'eau nécessaire pour délivrer une unité de référence. Le choix de l'unité de référence est généralement défini en rapport avec les unités de facturation ou de comptabilité, par exemple, stockage de 1Go dans le cloud ou 1 compte d'une application métier hébergée dans le Data center. Le bilan eau est en approche « cradle to the gate », c'est-à-dire que l'on considérera toutes les consommations d'énergies nécessaires à la fabrication et distribution. L'utilisation. La gestion de la fin de vie des équipements et infrastructures du Data center nécessaires pour délivrer le service.

POURQUOI L'UTILISER ?

Cet indicateur est utilisé dans le cadre des démarches d'écoconception de services numériques car il permet d'appréhender les consommations d'eau induites par le produit final du datacenter, c'est-à-dire le service. Il est généralement utilisé pour communiquer auprès des parties prenantes.

COMMENT LE MESURER ?

Le calcul de l'indicateur peut se faire soit en utilisant des bases de données d'analyse de cycle de vie de type Ecolvent ou ELCD ou en utilisant des données issues de la bibliographie.

Facteurs influents :

- Mix énergétique
- Technologie de refroidissement
- Performance énergétique du datacenter
- Dimensionnement de l'architecture physique associée au service

1/5

Utilisation

(1 peu utilisé, 5 très utilisé)

3/5

Facilité de mise en œuvre

(1 facile, 5 difficile)

2/5

Coût de mise en œuvre

(1 peu coûteux, 5 coûteux)

ATOUTS

Indicateur global en approche cycle de vie.

Indicateur compréhensible par le grand public (peut être converti en équivalent habitant ou autre donnée parlante).

LIMITES

Nécessite de robustes bases de données.

BILAN DECHETS

Type	Calculé	Partie du Data center	Service
Indicateur normalisé	non		

CALCUL

$$\text{Bilan Déchets} = \sum_{\text{Équipement}=1}^n \frac{\text{Nb (équipement)} \times \text{Poids (équipement)} \times \text{Période ref} \times F}{\text{Durée de vie} \times \text{nb d'unités fonctionnelle}}$$

Nb(équipement)= Quantité d'équipements IT installés

Poids(équipement)= Poids en kg d'un équipement

Période ref = Période considérée dans l'unité fonctionnelle

Durée de vie= durée de vie réelle de l'équipement (incluant le réemploi éventuel)

F= facteur(s) d'allocation de l'équipement (par exemple lorsqu'il s'agit d'un équipement utilisé pour plusieurs usages)

Le bilan déchets est exprimé en kilogrammes.

QUE MESURE CET INDICATEUR ?

Le bilan déchets d'un service représente les DEEE générés pour délivrer une unité de référence.

Le choix de l'unité de référence est généralement défini en rapport avec les unités de facturation ou de comptabilité, par exemple, stockage de 1Go dans le cloud ou 1 compte d'une application métier hébergée dans le Data center.

Le bilan déchets est en approche flux, c'est-à-dire que l'on calcule de poids de déchets générés en considérant la durée de vie de chaque type d'équipement (serveur, équipements réseaux, équipements de stockage) installés pour un service donné.

POURQUOI L'UTILISER ?

Cet indicateur est utilisé dans le cadre des démarches d'écoconception de services numériques car il permet d'appréhender les quantités de DEEE induites par le produit final du Data center, c'est-à-dire le service.

Il est généralement utilisé pour communiquer auprès des parties prenantes.

COMMENT LE MESURER ?

Le calcul se fait en utilisant l'inventaire du parc informatique installé pour un usage donné et des durées de vie de chaque équipement.

Facteurs influents :

- Durée de vie des équipements
- Réemploi
- Dimensionnement de l'architecture physique associée au service

1/5

Utilisation

(1 peu utilisé, 5 très utilisé)

3/5

Facilité de mise en œuvre

(1 facile, 5 difficile)

2/5

Coût de mise en œuvre

(1 peu coûteux, 5 coûteux)

ATOUTS

Indicateur global en approche cycle de vie.

Indicateur compréhensible par le grand public (peut être converti en équivalent habitant ou autre donnée parlante).

LIMITES

Nécessite de un inventaire des équipements et des informations sur les poids par catégories.

Facteurs influents

Climat
Température
Hygrométrie
débit d'air

Mix énergétique
Taux de charge

Service

Volumétrie des service délivrées: physiques ou virtuels
(capacité de stockage, puissance de calcul...)
Capacité informatique : disponible, utilisée

Par unité de service:
Consommation d'énergie,
de ressources IT
Production de déchets

Par unité de service délivré:
Bilan GES, Bilan Eau, Bilan
Energie, Ressources, Bilan
déchets

Informatique

Inventaire des équipements (durée de vie, temps d'utilisation)
Consommations: énergies
Productions: déchets

ITEE sv
Taux de recyclage, de réemploi,
de valorisation

Bilan GES du datacenter
Bilan Eau du datacenter
Gestion des déchets du
datacenter
Bilan Energie du datacenter
Ressources du datacenter

Infrastructure

Température
Hygrométrie, débit d'air
Consommations :
électricité, eau, fioul, d'eau glacée
Production :
Eau glacée, déchets

PUE* (DCIE), WUE*, CUE*, COP,
REF*, Taux de recyclage, de
réemploi, de valorisation

ACE
Dcp
Pi

Indicateur Mesuré

Energie Eau

Indicateur calculé

Déchets Resssources

Indicateur global

GES Autre

* indicateur faisant l'objet d'une norme (éditée ou en cours)

21 POUR EN SAVOIR PLUS

Commission Européenne – Joint Research Center :

- UE Code of Conduct for Data center <https://ec.europa.eu/jrc/en/energy-efficiency/code-conduct/datacentres>
- UE Code of Conduct for UPS <https://ec.europa.eu/jrc/en/energy-efficiency/code-conduct/ups>
- Règlement EMAS <http://susproc.jrc.ec.europa.eu/activities/emas/telecom.html>

NF EN ISO 14001 V 2015 – Système de management de l'environnement

NF EN ISO 50001 V 2011 – Système de management de l'énergie

XP ISO TR 14062 - Intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement de produit

ADEME : Guide Ademe Anti Greenwashing <http://antigreenwashing.ademe.fr/>

Alliance Green IT : Livre blanc sur l'écoconception de services numériques <http://alliancegreenit.org/wp-content/uploads/Doc%20AGIT/LB-ecoconception-numerique.pdf>

EN 50600: Technologie de l'information - Installation et infrastructures de centres de traitement de données

Alliance Green IT: Baromètre des bonnes pratiques du Green IT - édition 2016





Une production conjointe de :

