



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

19.08.2015

Consommation électrique, efficacité énergétique et mesures d'encouragements dans le domaine des centres de calcul

**Rapport du Conseil fédéral en réponse au postulat 13.3186 du 21 mars 2013
déposé par le conseiller national Maier Thomas**



SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES	4
LISTE DES TABLEAUX	5
1. RÉSUMÉ	6
2. INTRODUCTION	8
2.1. SITUATION INITIALE	8
2.1.1. <i>Postulat « Efficacité énergétique des centres de calcul et efficacité des mesures d'encouragement ciblées » (13.3186)</i>	8
2.1.2. <i>Postulat « Exploiter les centres de calcul de manière plus efficace et avec du courant vert » (13.4265)</i>	8
2.2. MARCHÉ À SUIVRE	9
2.3. SCOPE	9
2.4. VUE D'ENSEMBLE DU CONTENU	9
3. CONSOMMATION ÉLECTRIQUE	10
3.1. SURFACE BRUTE	10
3.2. DÉTERMINATION DE LA CONSOMMATION ÉLECTRIQUE	11
4. EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE	12
4.1. CATALOGUE DE MESURES	13
4.1.1. <i>Température du système</i>	13
4.1.2. <i>Free cooling</i>	14
4.1.3. <i>Réglage de la quantité d'air</i>	14
4.1.4. <i>Séparation des allées froides et des allées chaudes</i>	14
4.1.5. <i>Optimisation de la charge partielle de l'installation ASI</i>	14
4.1.6. <i>Optimisation de la charge des serveurs</i>	14
4.1.7. <i>Stockage</i>	15
4.1.8. <i>Back-up</i>	15
4.1.9. <i>Technologie courant continu (pertes électriques)</i>	15
4.1.10. <i>Autres mesures</i>	16
4.2. POTENTIEL D'ÉCONOMIE	16
5. RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE CO₂	17
5.1. REJETS DE CHALEUR	17
5.2. COURANT VERT	18
6. MESURES DE SOUTIEN	18
6.1. APPELS D'OFFRES PUBLIQUES	19
6.2. ÉVALUATION DES PROGRAMMES	19
6.2.1. <i>Efficacité énergétique pour les centres de calcul existants (PUEDA 1)</i>	19
6.2.2. <i>Efficacité énergétique dans les nouveaux centres de calcul (PUEDA 2)</i>	20
6.2.3. <i>Data Center Save Energy (DCSE)</i>	21
6.3. SYNTHÈSE DES PROGRAMMES	22



7. AMÉLIORATION DES MESURES EN COURS	24
7.1. TRAVAIL DE SENSIBILISATION.....	24
7.2. RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE CO ₂	25
7.3. PRESCRIPTIONS D'EFFICACITÉ ET NORMES.....	25
8. CONCLUSIONS	26
ANNEXE – CALCUL DES ÉMISSIONS DE CO₂	28



Liste des figures

Figure 1.	Répartition typique de la consommation électrique d'un centre de calcul.....	13
Figure 2.	Répartition typique de la consommation électrique de l'équipement IT (Hardware).	13
Figure 3.	Représentation schématique du principe de consolidation et de virtualisation des serveurs	15
Figure 4.	Objectifs d'économies annuels annoncés et réalisés par les programmes PUEDA 1, 2 et DCSE.	23



Liste des tableaux

Tableau 1.	Répartition des serveurs internes (in-house) en Suisse pour l'année 2013	10
Tableau 2.	Puissance spécifique moyenne des centres de calcul en Suisse en fonction du nombre de serveurs et de leur affectation : a) centre de calcul internes et b) centres de calcul externes	11
Tableau 3.	Valeur PUE (Power Usage Effectiveness) des centres de calcul en Suisse en fonction du nombre de serveurs et de l'affectation : a) centre de calcul internes et b) centres de calcul externes	12
Tableau 4.	Potentiel d'économie au niveau de l'équipement IT (Hardware)	16



1. Résumé

Le présent rapport répond au postulat 13.3186 « Efficacité énergétique des centres de calcul et efficacité des mesures d'encouragement ciblées » de M. le conseiller national Thomas Maier du 21 mars 2013. Ce postulat demande de traiter les points suivants par rapport aux centres de calcul en Suisse : la consommation d'énergie (électricité), le potentiel et les mesures d'économie, l'efficacité des programmes d'encouragement, l'utilisation des rejets de chaleur et l'amélioration des mesures en cours. L'utilisation de courant vert dans les centres de calcul est également traitée conformément à la demande du postulat 13.4265 « Exploiter les centres de calcul de manière plus efficace et avec du courant vert » de M. le conseiller national Balthasar Glättli du 13 décembre 2013. Ce postulat n'a pas encore été traité par le Conseil national au moment de la rédaction de ce rapport.

Les centres de calcul sont définis comme étant des bâtiments ou des locaux dans lesquels est hébergée l'informatique de calcul (serveurs, mais aussi toute l'infrastructure nécessaire à son fonctionnement) appartenant à une ou plusieurs entreprises, voire même à des organisations. Ceci doit correspondre à une pièce autonome ayant un nombre de serveurs minimum, un approvisionnement en courant électrique, ainsi qu'un système de climatisation (production de froid, circulation et distribution d'air). Les centres de calcul sont subdivisés en deux catégories selon leur affectation : les centres de calculs internes (in-house) à usage strictement interne à l'entreprise et les centres de calcul externes (prestataires de service à des tiers). Les centres de calcul occupent en Suisse une surface totale de 235'000 m² (l'équivalent de 33 terrains de football), dont les deux tiers sont occupés par les centres de calculs externes. La consommation électrique annuelle des centres de calcul a été estimée à 1'661 GWh sur la base de la surface occupée, de leur puissance spécifique (entre 275 et 650 W/m²) et leur valeur PUE (Power Usage Effectiveness) (entre 1.4 et 2.1), ce qui correspond à 2.8% de la consommation annuelle d'électricité en Suisse.

L'efficacité énergétique des centres de calcul consiste principalement à diminuer la consommation électrique des principaux composants, tels que l'équipement IT (serveurs, unités de stockage et de back-up, etc.), l'éclairage, l'installation ASI (alimentation sans interruption), les systèmes de refroidissement et de circulation d'air. Il existe un certain nombre de mesures permettant d'augmenter l'efficacité énergétique des centres de calcul, telles que : l'élévation de la température de travail, l'utilisation du rafraîchissement libre (free cooling), le réglage de la quantité d'air pour le refroidissement, la séparation des allées froides et chaudes, l'optimisation de la charge partielle de l'installation ASI et l'optimisation de la charge des serveurs. Le potentiel d'économie au niveau de l'infrastructure de refroidissement, de circulation d'air et de l'équipement IT a été estimé à 716 GWh par an, soit 43% de la consommation annuelle totale des centres de calcul en Suisse.

L'utilisation des rejets de chaleur permet une réduction de 5% des émissions de CO₂ dans le secteur des services et l'utilisation du courant vert entre 1% (mix électrique de production) et 4% (mix électrique de consommation). Cependant, ces mesures ne sont pas implémentées de façon systématique. Pour mieux les faire connaître, il y aurait besoin d'un travail de sensibilisation, voir éventuellement d'un soutien financier pour l'utilisation des rejets de chaleur, car cette dernière demande des investissements pour sa mise en place (pompes, échangeurs de chaleur, système hydraulique de distribution, etc.).

Les mesures actuelles pour les centres de calculs sont soutenues par les appels d'offres publiques selon l'article 7a al. 3 de la loi sur l'énergie (LEne, RS 730.00). Il y a déjà des centres de calculs qui sont exemplaires au niveau de l'efficacité électrique. Cependant, les expériences des programmes



existants montrent qu'il y a encore un besoin d'information et de sensibilisation des opérateurs de centres de calculs. C'est pourquoi des mesures d'information seront prochainement intensifiées et soutenues par le programme SuisseEnergie de la Confédération, et en étroite collaboration avec des associations professionnelles. De plus, les opérateurs des centres de calculs ont la possibilité de demander un support financier par les appels d'offres publiques (ProKilowatt) dans le cas de mesures ambitieuses. Il n'existe pas de prescriptions d'efficacité pour les centres de calcul, contrairement aux serveurs individuels. L'Union européenne examine de possibles exigences minimales, que la Suisse pourrait éventuellement reprendre.

L'amélioration des mesures en cours passe principalement par la sensibilisation sur la thématique de l'efficacité énergétique dans les centres de calcul auprès des entreprises et des bureaux d'ingénieurs au moyen de campagnes d'information, d'articles dans des revues spécialisées, d'offres en formation continue et de workshops. De plus les mesures de sensibilisation devraient pouvoir également s'appuyer sur l'entrée en vigueur d'ici deux à trois ans de nouvelles prescriptions, nouvelles normes ou directives. Actuellement, à part le code de conduite de l'ASUT (Association Suisse de la Télécommunication), il n'y a en Suisse aucune norme ou standard concernant spécifiquement l'efficacité énergétique des centres de calcul.



2. Introduction

2.1. Situation initiale

2.1.1. Postulat « Efficacité énergétique des centres de calcul et efficacité des mesures d'encouragement ciblées » (13.3186)

Le postulat 13.3186 « Efficacité énergétique des centres de calcul et efficacité des mesures d'encouragement ciblées » de M. le conseiller national Thomas Maier demande au Conseil fédéral d'établir un rapport sur l'efficacité énergétique des centres de calcul en Suisse, où les aspects suivants sont abordés :

- la consommation d'énergie
- le potentiel et les mesures d'économie
- l'efficacité des programmes d'encouragement
- l'utilisation des rejets de chaleur

De plus le postulat demande de faire une évaluation de l'efficacité des mesures entreprises jusqu'à ce jour et si nécessaire de proposer des mesures d'amélioration dans le domaine de l'efficacité énergétique et de la valorisation des rejets de chaleur.

Le postulat a été déposé le 21 mars 2013. Le 8 mai 2013, le Conseil fédéral a proposé de l'accepter et il a été transmis par le Conseil national le 21 juin 2013.

2.1.2. Postulat « Exploiter les centres de calcul de manière plus efficace et avec du courant vert » (13.4265)

Le postulat 13.4265 « Exploiter les centres de calcul de manière plus efficace et avec du courant vert » de M. le conseiller national Balthasar Glättli demande au Conseil fédéral d'établir un rapport portant principalement sur :

- les mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique des centres de calcul en Suisse
- l'utilisation d'électricité issue d'énergies renouvelables pour l'exploitation des centres de calcul

Sur la base de la consommation énergétiques des infrastructures pour les services Internet, qui a été estimée (toute catégorie confondue) à environ 7.8% de la consommation d'électricité suisse et aux diverses émissions (p.ex. CO₂) qui en résultent, le postulat demande d'aller plus loin que de simplement reprendre les prescriptions européennes pour les ordinateurs et les serveurs. Il est notamment demandé d'aborder de façon détaillée l'efficacité énergétique des éléments principaux qui composent les centres de calcul, notamment les systèmes de refroidissement, ainsi que les critères de planification et d'utilisation de la capacité des centres de calcul pour éviter les systèmes surdimensionnés et redondants. Il est également demandé de tenir compte de l'origine de l'électricité utilisée, en ayant pour objectif l'augmentation de l'utilisation de la part des énergies renouvelables.

Dans sa prise de position du 12 février 2014, le Conseil fédéral a précisé qu'il était disposé à traiter les points soulevés dans ce postulat en même temps que ceux du postulat de M. Thomas Maier 13.3186. Au moment de la publication de ce rapport, le postulat 13.4265 n'a pas encore été traité au Conseil national.



2.2. Marche à suivre

Le postulat 13.3186 aborde principalement trois aspects.

Le premier aspect est l'efficacité énergétique des centres de calcul en Suisse en tenant compte notamment de leur consommation totale, ainsi que de leur potentiel d'économie. Cet aspect d'efficacité énergétique est également revendiqué dans le postulat 13.4265. Bien qu'il existe de nombreuses études internationales, en ce qui concerne la Suisse il n'existe à ce jour aucune étude détaillée permettant de répondre aux revendications du postulat. Pour cette raison, l'institut d'économie de Bâle IWSB et le bureau d'ingénieur Amstein & Walther ont été mandatés pour réaliser une étude sur la consommation et le potentiel d'économie des centres de calcul en Suisse et sur l'élaboration d'un catalogue de mesures.

Le deuxième aspect concerne l'efficacité des mesures en cours et notamment celles concernant le soutien de programmes dans le cadre des appels d'offres publiques dans le domaine des centres de calcul.

Le troisième aspect concerne principalement la réduction de l'impact environnemental des centres de calcul et notamment la réduction de leur émissions de CO₂ d'une part au travers de la valorisation des rejets de chaleur et d'autre part par l'utilisation d'électricité d'origine renouvelable. Afin de déterminer la possibilité de mise en œuvre de telles mesures, le présent rapport s'appuie principalement sur l'expérience que Swisscom a acquise dans ces deux domaines, ainsi que de celle acquise par IBM et l'école polytechnique de Zürich dans le cadre du projet Aquasar¹.

2.3. Scope

Le terme d'efficacité énergétique englobe en principe tous les agents énergétiques que sont les carburants, les combustibles et l'électricité. Le présent rapport traite principalement de l'aspect de l'efficacité énergétique en relation avec la réduction de la consommation électrique des centres de calcul. Ces derniers sont définis de la façon suivante² :

Bâtiments ou locaux dans lesquels est hébergé l'informatique de calcul (serveurs, mais aussi toute l'infrastructure nécessaire à son fonctionnement) appartenant à une ou plusieurs entreprises, voir même à des organisations. Ça doit correspondre au moins à une pièce autonome ayant un approvisionnement en courant électrique, ainsi qu'un système de climatisation.

2.4. Vue d'ensemble du contenu

Le chapitre suivant traitera de la consommation d'électricité des centres de calcul en Suisse. En se basant sur la répartition et le regroupement des centres de calcul en diverses catégories, notamment en fonction du nombre de serveurs installés et des surfaces qu'ils occupent, il a été possible de déterminer leur consommation moyenne en rapport avec la consommation totale d'électricité en Suisse. Le chapitre 4 aborde l'aspect de l'efficacité énergétique des centres de calcul par rapport au potentiel de réduction de leur consommation électrique et des mesures d'économie. Quant au chapitre 5, il aborde

¹ Aquasar: A hot water cooled data center with direct energy reuse, Severin Zimmermann et al., Energy 43 (2012), pp 237-245.

² Rechenzentren in der Schweiz-Energieeffizienz: Stromverbrauch und Effizienzpotenzial, Dominik Hauri et al., IWSB (sous mandat de l'OFEN), août 2014, p. 9.



succinctement la problématique de la réduction des émissions de CO₂. Puis le chapitre 6 montre l'impact et l'efficacité des trois programmes des appels d'offres publiques en relation avec les centres de calcul. Le chapitre 7 présente quelques propositions d'amélioration des mesures en cours dans le but d'améliorer encore davantage l'efficacité énergétique des centres de calcul en Suisse. Finalement, le dernier chapitre présente les conclusions du présent rapport (chapitre 8).

3. Consommation électrique

3.1. Surface brute³

Les types de centre de calcul peuvent être définis en fonction du nombre de serveurs et de la surface qu'ils occupent, ainsi que de leur fonction. A cet effet, les centres de calcul sont divisés en deux groupes : a) ceux à usage interne propre à l'entreprise et à ses filiales (centres de calcul internes ou in-house) et b) à usage externe en tant que prestataire de service à des tiers (centre de calcul externes).

Les centres de calcul à usage interne, sur la base des informations recueillies sur l'utilisation de l'informatique auprès de 11'000 PME et de grandes entreprises suisses, ont été répartis selon 8 groupes en fonction du nombre de serveurs (voir tableau 1).

Tableau 1. Répartition des serveurs internes (in-house) en Suisse pour l'année 2013

Groupe no	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
Type de centre de calcul	3-10 serveurs	11-50 serveurs	51-100 serveurs	101-200 serveurs	201-500 serveurs	501-2000 serveurs	2001-5000 serveurs	5001+ serveurs	
# serveurs installés	18'271	22'400	10'887	11'402	10'730	14'865	4'662	10'002	103'219
# centre de calcul	3'545	1'015	144	78	36	16	2	1	4'837
Pourcentage du # total de centres de calcul	73.24%	21%	3%	1.6%	0.8%	0.3%	0.04%	0.02%	100%

Sur la base de la définition des centres de calcul telle qu'énoncée plus haut (voir 2.3), le 1^{er} groupe n'est donc pas pris en considération. En d'autres termes, et comme défini dans le cadre de l'étude de potentiel, un centre de calcul doit avoir au moins 11 serveurs, ce qui nécessite d'une part un local dédié et d'autre part une installation de refroidissement. Sur cette base-là seuls les serveurs des groupes 2 à 8 sont pris en compte, soit un total de 84'948 serveurs.

Par contre, en ce qui concerne les centres de calcul à usage externe, il n'a pas été possible de s'appuyer sur les mêmes informations que pour les serveurs à usage interne, car leur typologie est plus difficile à définir. En effet, les centres de calcul en tant que prestataires de service à des tiers se caractérisent plutôt en fonction des prestations qu'ils fournissent et qui ont été identifiées au nombre de quatre: carrier neutral colocation (centre à colocation neutre), carrier owned (gestion des équipements informatiques en détention propre), wholesale (grossiste) et managed services (services gérés) avec une surface brute de 149'574 m².

³ Rechenzentren in der Schweiz-Energieeffizienz: Stromverbrauch und Effizienzpotenzial, Dominik Hauri et al., IWSB (sous mandat de l'OFEN), août 2014, pp 9-15.



Sur la base des informations précédentes (voir tableau 1) et sachant qu'un serveur nécessite environ 1 m², on arrive donc à la répartition suivante pour les centres de calcul en Suisse (valeurs arrondies) pour l'année 2013 : 85'000 m² pour les centres de calcul interne (in-house) et 150'000 m² pour les centres de calcul externe (prestataire de services à des tiers), soit une surface totale de 235'000 m².

3.2. Détermination de la consommation électrique⁴

En connaissant la surface totale des centres de calcul en Suisse, la consommation électrique a pu être extrapolée en se basant d'une part sur la puissance spécifique des serveurs exprimée en W/m² et d'autre part sur la valeur adimensionnelle PUE (Power Usage Effectiveness).

La valeur de la puissance spécifique des serveurs dépend principalement de la taille du centre de calcul et de leur affectation (voir tableau 2). Cette valeur varie en moyenne entre 275 W/m² (11 – 50 serveurs) et 650 W/m² (plus de 5'000 serveurs).

Tableau 2. Puissance spécifique moyenne des centres de calcul en Suisse en fonction du nombre de serveurs et de leur affectation : a) centre de calcul internes et b) centres de calcul externes

a)

Centres de calcul internes (in-house)							
Type de centre de calcul	11-50 serveurs	51-100 serveurs	101-200 serveurs	201-500 serveurs	501-2000 serveurs	2001-5000 serveurs	5001+ serveurs
Puissance spécifique (W/m ²)	275	337	400	462	525	587	650

b)

Centres de calcul externes (prestataires de service à des tiers)				
Type de centre de calcul	< 1'500 serveurs	1'501-2'000 serveurs	2'001-5'000 serveurs	5'001+ serveurs
Puissance spécifique (W/m ²)	425	533	587	650

L'efficacité d'un centre de calcul est très souvent déterminée par son « Power Usage Effectiveness » (PUE). La valeur PUE est définie comme étant le rapport entre la consommation électrique totale du centre de calcul (serveurs plus les composants de l'infrastructure nécessaires au fonctionnement du centre de calcul) et la consommation propre des composants IT (serveurs, cluster, unités de stockage, composants de communication). La valeur PUE se situe donc entre 1.0 et 2.5 (voir plus pour des centres extrêmement inefficaces). Une valeur de 1.0 signifie donc implicitement une infrastructure dont les composants (système de refroidissement, luminaires, câblage, déshumidificateur, etc.) sont 100% efficaces (c.à.d. qu'il ne consomme pas d'électricité supplémentaire). Par contre une valeur de 2.0 signifie que seulement la moitié de la consommation électrique est utilisée par les serveurs et leurs périphériques, tandis que l'autre moitié est consommé par l'infrastructure; ce qui correspond à un centre de calcul inefficace. Pour les centres de calcul en Suisse, la valeur PUE varie entre 1.4⁵ pour les meilleures et 2.1 pour les moins bons. Tout comme la puissance spécifique, la valeur PUE varie en fonction de la taille du centre de calcul (nombre de serveurs) et de son affectation (centre de calcul interne ou externe) (voir tableau 3).

⁴ Rechenzentren in der Schweiz-Energieeffizienz: Stromverbrauch und Effizienzpotenzial, Dominik Hauri et al., IWSB (sous mandat de l'OFEN), août 2014, pp 15-21.

⁵ Voir même un PUE de 1.2 pour le centre de calcul du Wankdorf (Swisscom), voir sous http://www.swisscom.com/its/dam/documents/the-men/Folder_RechenZentrum.pdf



Tableau 3. Valeur PUE (Power Usage Effectiveness) des centres de calcul en Suisse en fonction du nombre de serveurs et de l'affectation : a) centre de calcul internes et b) centres de calcul externes

a)

Centres de calcul internes (in-house)							
Type de centre de calcul	11-50 serveurs	51-100 serveurs	101-200 serveurs	201-500 serveurs	501-2000 serveurs	2001-5000 serveurs	5001+ serveurs
PUE (-)	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4

b)

Centres de calcul externes (prestataires de service à des tiers)				
Type de centre de calcul	< 1'500 serveurs	1'501-2'000 serveurs	2'001-5'000 serveurs	5'001+ serveurs
PUE (-)	1.8	1.75	1.55	1.4

Sur la base de la typologie des centres de calcul et de leur distribution en Suisse, ainsi que leur puissance spécifique et leur valeur PUE, la consommation électrique annuelle a pu être calculée, soit en moyenne 1'661 GWh/an avec la répartition suivante :

- 557 GWh/an pour les centres de calcul internes
- 1'104 GWh/an pour les centres de calcul externes

Les centres de calcul en Suisse ont donc consommé, en 2013, en moyenne 2.8% de la consommation électrique totale.

4. Efficacité énergétique

Dans le cadre de ce rapport, l'efficacité énergétique des centres de calcul consiste principalement à diminuer la consommation électrique des principaux composants, tels que^{6,7}.

- serveurs, clusters et stockage (inclus les systèmes de back-up)
- système de refroidissement et de circulation d'air
- éclairage
- installation ASI (alimentation sans interruption)
- pertes électriques

Les centres de calcul avec une valeur du PUE de l'ordre de 2.0 ont une consommation pour les équipements IT de 50%, 37% pour l'infrastructure de refroidissement et de circulation d'air, et 13% pour le reste (alimentation sans interruption, éclairage) (voir figure 1).

⁶ Rechenzentren in der Schweiz-Energieeffizienz: Stromverbrauch und Effizienzpotenzial, Dominik Hauri et al., IWSB (sous mandat de l'OFEN), août 2014, pp 21-23.

⁷ Studie zur Stromeffizienz bei Rechenzentren in der Schweiz: Potentialanalyse und Massnahmenkatalog für Effizienzsteigerung IT-Hardware und Infrastruktur, Ganbayar Puntsagdash et al., Amstein und Walthert (sous le mandat de l'OFEN), février 2015.

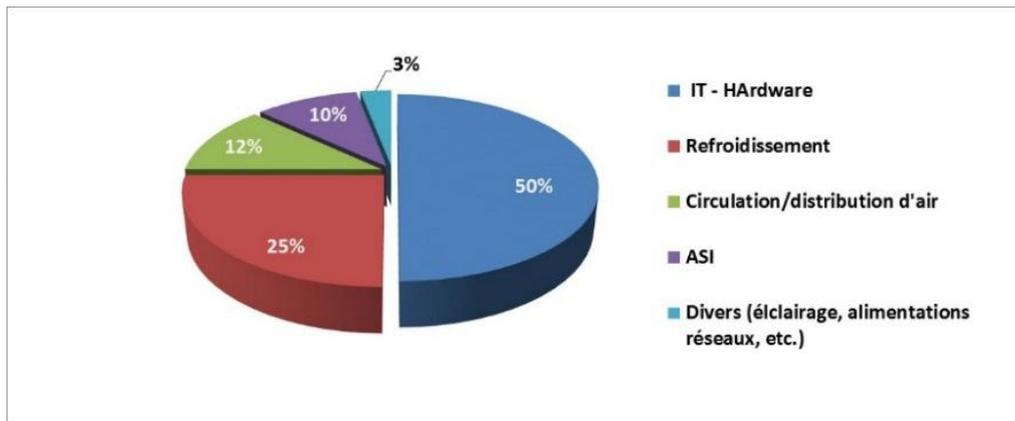


Figure 1. Répartition typique de la consommation électrique d'un centre de calcul⁸.

Les principales sources de consommation électrique de l'équipement IT (Hardware) sont: les pertes électriques, les microprocesseurs et les disques mémoires (inclus les back-up) (voir Figure 2).

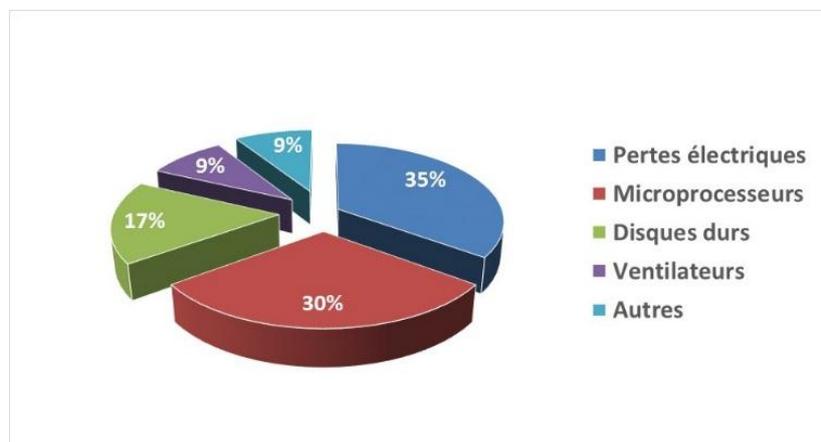


Figure 2. Répartition typique de la consommation électrique de l'équipement IT (Hardware).

4.1. Catalogue de mesures

Ils existent un certain nombre de mesures opérationnelles, structurelles et techniques permettant d'augmenter l'efficacité énergétique des centres de calcul, c'est-à-dire de diminuer leur consommation électrique. Quelques-unes d'entre elles sont présentées dans les paragraphes suivants.

4.1.1. Température du système

Il est possible avec les technologies actuelles des microprocesseurs d'avoir une température de la pièce où se trouve les serveurs allant jusqu'à 28°C. Une élévation de 5°C de la température, sachant que la plupart des centres de calcul sont refroidis à 20-22°C, permet déjà d'économiser entre 3% et 5% de la consommation électrique du système de refroidissement⁹.

⁸ Leistung steigern, Kosten senken : Energieeffizienz im Rechenzentrum, Deutsche Energie-Agentur, février 2012, p. 11, sous <http://www.dena.de/publikationen/stromnutzung/leitfaden-leistung-steigern-kosten-senken-energieeffizienz-im-rechenzentrum.html>

⁹ Fiche technique: Refroidissement efficient des locaux IT – aussi intéressant économiquement, sous http://www.bfe.admin.ch/forschung-gelekttrizitaet/02207/index.html?lang=de&dossier_id=01927



4.1.2. Free cooling

Le Free cooling ou rafraîchissement libre est une technique qui utilise l'air ou l'eau de l'environnement comme refroidissement partielle, afin de décharger le système de production de froid en hiver, au printemps et en automne. On peut ainsi réaliser des économies d'électricité sur le système de refroidissement pouvant aller jusqu'à 75%¹⁰.

4.1.3. Réglage de la quantité d'air

La distribution de l'air se fait principalement à l'aide de ventilateurs qui ne sont autres que des systèmes d'entrainements accouplés à un moteur électrique. L'enclenchement des installations de ventilation est souvent du type « tout ou rien », ce qui peut les rendre très inefficaces lorsqu'elles ne sont utilisées que quelques heures par jour. On propose dans ce cas d'utiliser un système à régulation variable, à l'aide d'un variateur de fréquence, ce qui permet de réaliser une économie de la consommation électrique d'au moins 50%¹¹.

4.1.4. Séparation des allées froides et des allées chaudes

La séparation des allées froides et chaudes (cold aisle and hot aisle containment) permet, en séparant les canaux d'arrivée d'air froid et d'expulsion d'air chaud, de prévenir l'apparition de court-circuit ou le mélange de l'air chaud expulsé avec l'apport d'air froid pour le refroidissement. Cette mesure peut amener une économie d'énergie de 3% par °C supplémentaire qu'il n'est pas nécessaire de refroidir¹².

4.1.5. Optimisation de la charge partielle de l'installation ASI

Une alimentation sans interruption (ASI) est un dispositif qui permet de fournir un courant alternatif stable et dépourvu de coupure quoi qu'il se produise sur le réseau électrique. C'est pourquoi il est important de s'assurer que l'installation ASI installée correspond à la meilleure technologie disponible et avec le plus haut rendement possible. Le rendement est également dépendant de la charge et une installation ASI atteint son rendement maximum pour une charge d'au moins 75%. La configuration des installations ASI doit être telle qu'elles ne soient pas surdimensionnées et qu'elles ne fonctionnent pas sous une charge inférieure à 75%¹³.

4.1.6. Optimisation de la charge des serveurs

Il est important de pouvoir connaître le taux d'utilisation des serveurs pour déterminer et optimiser leur charge moyenne et instantanée. Par exemple un serveur, sur lequel fonctionne seulement une application, utilise au maximum entre 5% et 15% de sa capacité. La pratique montre que très souvent les serveurs des centres de calcul ne dépassent pas en moyenne 14% de leur charge. Au travers de la consolidation et de la virtualisation, qui consiste à harmoniser et à regrouper les serveurs afin de permettre une utilisation collective des ressources, il est possible d'augmenter leur charge et de la faire passer de 14% à au moins 50% (voir figure 3). Il a été démontré, que dans certain cas, la consolidation et la virtualisation ont permis de réduire les coûts annuels de fonctionnement dédié aux serveurs entre 40% et 80% (inclus les coûts d'électricité).

¹⁰ http://fr.wikipedia.org/wiki/Free_cooling

¹¹ Fiche technique 24: Ventilation, sous http://www.topmotors.ch/f/_data/24_Merkblatt_Luftfoerderung_f_2015.pdf

¹² Energy Efficiency in the Data Center Vol. 2, BITKOM, Allemagne, pp. 13-13, sous https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Publikation_4431.html

¹³ Energy Efficiency in the Data Center Vol. 2, BITKOM, Allemagne, pp. 25-33, sous https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Publikation_4431.html

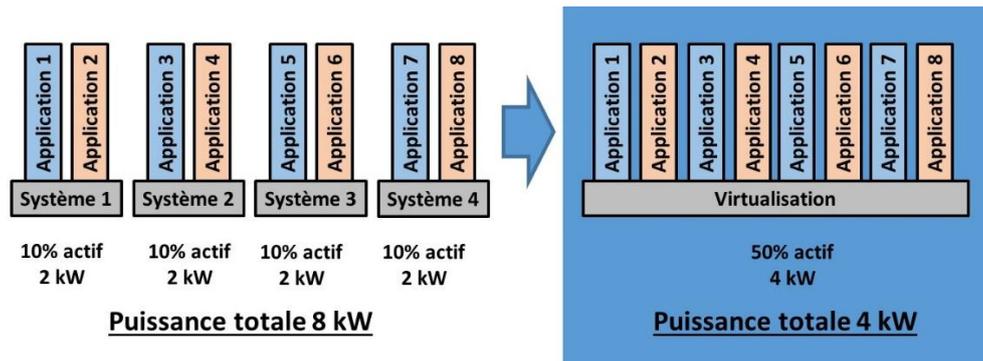


Figure 3. Représentation schématique du principe de consolidation et de virtualisation des serveurs¹⁴

4.1.7. Stockage

Outre le disque dur (Hard disk drive, HDD), il existe d'autres technologies de stockage telles que le disque électronique (Solid state drive, SSD) et les mémoires flash.

Les disques durs HDD sont équipés d'un moteur qui fait tourner le support mémoire (disque optique) lors de l'enregistrement, de l'effacement et de la lecture des données. Les disques durs, à cause de leur moteur, sont responsables pour 11% de la consommation total des équipements IT (hardware). Les disques électroniques et les mémoires flash s'appuient sur la même technologie, c'est-à-dire une mémoire de masse à semi-conducteurs réinscriptible. De ce fait, elles n'ont pas besoin d'un moteur pour l'accès aux données, ce qui permet de réduire la consommation des unités de stockage entre 50% et 70% en fonction de leur configuration. Les différences entre les disques électroniques et les mémoires flash sont d'une part d'ordre économique (les SSD sont plus coûteux que les mémoires flash) et d'autre part d'ordre dimensionnelle (les SSD ont le même taille que les HDD pour un remplacement facilité).

4.1.8. Back-up

Actuellement, les systèmes de back-up utilisent principalement des disques durs (HDD) qui tournent souvent en continu et qui sont responsables pour 6% de la consommation total des équipements IT. Une alternative aux disques durs est l'utilisation de bandes magnétiques. Les deux types de technologies ont des avantages et des inconvénients. Cependant, sur le plan de la consommation électrique, les systèmes à bande sont énergétiquement beaucoup plus intéressants. Un système à bande permet de réduire de plus de 90% la consommation des systèmes de back-up par rapport à une solution HDD (même si cette dernière est optimisée, car une solution HDD a toujours un disque qui tourne en permanence).

4.1.9. Technologie courant continu (pertes électriques)

Les serveurs sont alimentés en courant continu. Le courant électrique doit donc passer par plusieurs étapes de transformation (de courant alternatif moyenne tension à courant continu très basse tension). Les pertes électriques peuvent être responsables jusqu'à 35% de la consommation total des équipements IT (hardware). Dans le cas d'une architecture classique à courant alternatif, cinq étapes de

¹⁴ Energy Efficiency in the Data Center, Vol. 2, Bitkom, 2008, p. 11



transformation sont nécessaires. Par contre dans le cas d'une architecture à courant continu, seulement trois étapes de transformation sont nécessaires. Cette technologie « courant continu » permet de réduire les pertes électriques entre 7% et 13%, voire de l'ordre de 20% dans certains cas¹⁵.

4.1.10. Autres mesures

Il existe encore d'autres mesures permettant de diminuer la consommation électrique des centres de calcul, telles que :

- Commande automatique de l'éclairage
- Configuration modulaire et adaptable des serveurs en fonction des besoins
- Rendement plus élevé de l'installation de production de froid (froid efficace)
- Délocalisation des petits centres de calcul vers les prestataires de services ayant des centres efficaces
- Optimisation du réseau (réduction du nombre d'appareils, meilleure utilisation des composants du réseau)
- Utilisation des rejets de chaleur (voir chapitre 5)

4.2. Potentiel d'économie

Le potentiel d'économie des centres de calcul en Suisse a été déterminé sur la base des expériences pratiques acquises notamment au niveau de la mise en œuvre des mesures d'efficacité dans le cadre des programmes d'appels d'offres publiques (voir chapitre 6).

Tableau 4. Potentiel d'économie au niveau de l'équipement IT (Hardware).

Consommation électrique totale des centres de calcul (GWh/an)		1'359				
PUE		1.35				
Consommation électrique totale de l'équipement IT (GWh/an)		1'007				
Composants équipement IT		Consommation (GWh/an)		Potentiel d'économie (GWh/an)		Mesures d'efficacité
	Pertes électriques	35%	352	10%	35	Technologie courant continu
	Microprocesseurs	30%	302	50%	151	Consolidation et virtualisation
	Mémoire	11%	111	60%	66	SSD ou mémoire flash
	Ventilateurs	9%	91	-	0	
	Back-up	6%	60	90%	54	Systèmes à bandes
	Autres	9%	91	-	0	
	TOTAL	100%	1'007	-	307	

¹⁵ Watt d'Or 2013: Bâtiments et espace – Tension dans le Cloud, Energia Watt d'Or 2013, pp. 14-15.



En partant des mesures citées au paragraphe précédent concernant les installations de refroidissement et de circulation d'air, et dans une certaines mesures celles concernant le matériel IT, il est possible d'émettre l'hypothèse qu'une valeur PUE de 1.35 puisse être atteinte par tous les centres de calcul quel que soit leur taille et leur affectation. A cela, il faut encore ajouter les économies réalisables sur l'équipement IT (Hardware) et les pertes électriques, soit une réduction de la consommation de 307 GWh par an (voir Tableau 4). En intégrant les deux mesures d'économie (infrastructure de refroidissement et équipement IT), on obtiendrait une consommation annuelle de 945 GWh¹⁶.

Le potentiel total d'économie se monte donc à 716 GWh/an, soit 43% de la consommation annuelle électrique des centres de calcul et une économie annuel de CHF 107.4 millions sur les coûts d'électricité¹⁷.

5. Réduction des émissions de CO₂

Les émissions de CO₂ sont dues soit à l'utilisation de combustibles (chauffage, production d'électricité) ou de carburant (mobilité). Dans le cas des centres de calcul, la réduction des émissions de CO₂ passe principalement par la réduction de la consommation de combustibles pour le chauffage et la réduction (voir la suppression) d'électricité d'origine fossile (gaz, charbon). Dans le cadre de ce rapport, on se focalisera principalement sur les deux aspects suivants : la récupération des rejets de chaleurs et l'utilisation d'électricité produite à partir des énergies renouvelables (photovoltaïque, éolien, hydraulique, biomasse).

5.1. Rejets de chaleur

L'utilisation des rejets de chaleur pour le chauffage et la préparation d'eau chaude est une technique bien connue et largement utilisée dans le secteur des bâtiments. La source des rejets de chaleur peut être diverse, tels que la chaleur générée par un moteur à explosion (p.ex. couplage chaleur-force), par un compresseur pour la production de froid ou d'air comprimé, ou par tout autre processus de combustion (p.ex. les centrales nucléaires, les cimenteries, etc.).

Les serveurs des centres de calcul rejettent de la chaleur due à l'échauffement de leurs composants, qui peuvent atteindre localement des températures de l'ordre de 60°C et plus. Cependant, ils ne doivent pas dépasser une certaine température de service et c'est pour cette raison que les centres de calcul doivent être refroidis. Certaines entreprises, telles que Swisscom, valorisent déjà leurs rejets de chaleur en les injectant dans un chauffage à distance. Dans le cadre du projet Aquasar¹⁸ et SuperMUC¹⁹, IBM a développé une solution, qui est encore en phase pilote, pour la récupération des rejets de chaleur au moyen d'un refroidissement liquide des composants IT et d'un échangeur de chaleur pour la récupération de l'énergie thermique qui est ensuite réinjectée dans le circuit de chauffage. Un tel système permet d'une part d'économiser 40% d'énergie et de réduire les émissions de CO₂ de 85%. On peut dire que pour une puissance de 1 kWh IT on dispose de 0.85 kWh thermique pour le chauffage ou pour la production d'eau chaude. En d'autres termes, si les rejets de chaleur des centres de calcul étaient valorisés à 100%, alors il serait effectivement possible d'économiser 0.226 millions de tonnes de CO₂ (potentiel théorique, voir annexe), soit 5% des émissions de CO₂ dans le secteur

¹⁶ $((1661/1.65)-307) \times 1.35 = 944.5$

¹⁷ Avec un prix de l'électricité à 15 cts/kWh

¹⁸ **Made in IBM Labs: IBM Hot Water-Cooled Supercomputer Goes Live at ETH Zurich**, sous <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/32049.wss>

¹⁹ <http://www.research.ibm.com/articles/superMUC.shtml>



des services. Cependant, pour des raisons d'infrastructure (coûts) et de transport de la chaleur (localisation du centre de calcul et pertes thermiques), il est raisonnable de penser que seule la moitié de ces rejets de chaleur pourrait être effectivement valorisée.

L'utilisation des rejets de chaleur dans les centres de calcul pourrait être encore d'avantage développée, principalement pour les nouveaux centres de calcul où la valorisation des rejets de chaleur est techniquement et économiquement réalisable.

5.2. Courant vert

L'électricité produite en Suisse est à plus de 94% sans émission de CO₂ (centrales nucléaires et centrales hydrauliques). Par contre l'électricité consommée en Suisse contient 101 g de CO₂ par kWh²⁰, ce qui correspond à 6.4 millions tonnes de CO₂ par an (voir annexe), soit env. 13% des émissions totales de CO₂ en Suisse tout secteur confondu.

La Suisse avec sa production indigène de courant vert peut très largement couvrir les besoins en électricité des centres de calcul. C'est d'ailleurs ce que fait déjà Swisscom en alimentant ses centres de calcul avec du courant vert et en compensant la part de l'électricité provenant de source non-renouvelables avec des certificats de provenance hydraulique suisse et certifié par le WWF.

Si tous les centres de calcul en Suisse étaient alimentés avec de l'électricité d'origine renouvelable, alors il serait possible d'économiser 0.168 millions de tonnes de CO₂ (voir annexe), soit entre 1% et 4% des émissions du secteur des services en fonction du mix électrique du mix électrique choisi (voir annexe)²¹.

6. Mesures de soutien

Les mesures de soutien à disposition, telles que définies dans les articles 7a,9-13, 15b, 16 et 17 de la loi sur l'énergie et les articles 4, 5 et 12 à 15 de l'ordonnance sur l'énergie (OEne ; 730.01), sont :

- Information et conseils au public et aux autorités
- Formation et perfectionnement des spécialistes de l'énergie
- Recherche, développement et démonstration dans les domaines de l'utilisation économe et rationnelle de l'énergie, ainsi que le recours aux énergies renouvelables
- Utilisation de l'énergie et des rejets de chaleur
- Appels d'offres publiques pour les mesures d'efficacité
- Convention d'objectifs avec la Confédération
- Dispositions cantonales pour les grands consommateurs

En conformité avec ce qui est demandé par le postulat en ce qui concerne les centres de calcul, ce rapport traite principalement des mesures de soutien financier dans le cadre des appels d'offre publiques des trois programmes suivants :

- Efficacité énergétique pour les centres de calcul existants (PUEDA 1)
- Efficacité électrique dans les nouveaux centres de calcul (PUEDA 2)
- Data Center Save Energy (DCSE)

²⁰ <http://www.bafu.admin.ch/klima/09608/index.html?lang=fr>

²¹ **Kenngrossen zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen in der Schweiz 1990-2012**, BAFU, Juin 2016, p. 6, sous <http://www.bafu.admin.ch/klima/13879/13880/index.html?lang=fr>



6.1. Appels d'offres publiques

Les appels d'offres publiques est l'un des instruments à disposition de la confédération pour la mise en œuvre des mesures d'efficacité volontaires avec un soutien financier, afin d'induire une réduction de la consommation électrique dans les habitations et les entreprises (industrie, artisanat, et services). Le cadre légale des appels d'offres publics est d'une part défini dans les articles 7a al. 3 de la LEnE et d'autre part dans les articles 4 à 5 de la OEnE. Les appels d'offres publics soutiennent aussi bien des projets²² que des programmes²³. Un soutien financier ne peut être apporté qu'à des mesures additionnelles et non rentables. Le montant de la contribution dépendant du temps de retour sur investissement (pay-back) et jusqu'à un maximum de 40% des coûts imputables. Toutes les conditions cardes nécessaires, notamment afin d'éviter tout effet d'aubaine et de s'assurer du bien-fondé de l'additionnalité, pour la participation aux appels d'offres publiques sont définies dans un document séparé²⁴.

6.2. Evaluation des programmes

6.2.1. Efficacité énergétique pour les centres de calcul existants (PUEDA 1)

Le programme PUEDA 1 a démarré en octobre 2010 et il se terminera dans le courant du 2^{ème} trimestre 2015. Pour des raisons de retard dans la mise en œuvre des mesures, le programme a dû être prolongé d'une année. C'est le 1^{er} programme du genre pour les centres de calcul. L'objectif principal de ce programme est la suppression des obstacles qui empêchent l'exploitation du potentiel d'efficacité énergétique des centres de calcul existants notamment au travers des mesures suivantes: développement et établissement de normes et d'outils, réalisation de bilans exergétiques (analyse de l'énergie utile) des centres de calcul de façon conséquente et contribution financière pour la mise en œuvre des mesures d'efficacité énergétique en fonction de la puissance IT installée. Le critère pour le versement de la contribution se base sur la valeur mesurée du PUE atteinte par le centre de calcul après la mise en œuvre des mesures.

Le programme compte réaliser une économie cumulée sur 15 ans de 80 GWh avec une contribution de 1'000'000.- CHF, soit un coût efficacité de 1.25 cts/kWh économisé. Jusqu'à maintenant (mars 2015), 17 entreprises avaient pris part au programme. Cependant, toutes les entreprises ne sont au même niveau d'avancement dans la mise en œuvre des mesures. Seul 9 entreprises ont mis en œuvre leurs mesures d'économie et ont par conséquent touché une contribution. Sur les 6 entreprises qui n'ont pas encore implémenté leurs mesures, il est fort possible que plus de la moitié décident de renoncer à poursuivre le programme. Pour cette raison, les économies annoncées au début du programme ont dues être corrigée à la baisse : 59.5 GWh, soit un nouveau coût d'efficacité de 1.68 cts/kWh économisé.

Le programme étant bientôt terminé, il est déjà possible d'énoncer un certain nombre de succès, tels que d'avoir permis :

- la réalisation d'investissement avec des temps de pay-back supérieur à 5 ans
- l'établissement de la pertinence du PUE
- l'accès facilité à un soutien financier
- l'éveil de la prise de conscience pour l'efficacité énergétique dans les centres de calcul

²² Les projets comprennent des mesures d'économie d'électricité pour des appareils, installations, véhicules et bâtiments appartenant au(x) propriétaire(s) du projet.

²³ Les programmes comprennent des mesures visant à réduire la consommation électriques des appareils, installations, véhicules et bâtiments chez un grand nombre de tiers.

²⁴ **Appels d'offres publics concernant les mesures d'efficacité dans le domaine de l'électricité: Conditions pour la soumission de projets et de programmes en 2015**, OFEN, décembre 2014, sous https://prokw.ch/fr/web/cportal/portal_dashboard/



- l'apport d'une motivation supplémentaire auprès des entreprises pour la réalisation des mesures d'économie

Le défi principal, auquel le programme a dû faire face, est l'acquisition de participants. Ce problème a été malheureusement sous-estimé. A cela s'ajoute encore de nombreux désistement de participants notamment à cause des aspects de confidentialités (banques, assurances). On peut encore énumérer d'autres problèmes auxquels la direction du programme s'est trouvée confronté :

- les coûts de planification supplémentaires pour les entreprises
- l'effort et les coûts du monitoring
- le manque d'interlocuteurs en ce qui concerne l'efficacité énergétique
- les conflits d'intérêts internes aux entreprises
- la « barrière » linguistique entre la technique et le top management
- les coûts bas de l'électricité
- le recoupement avec d'autres mesures législatives (convention d'objectifs, gros consommateurs)

6.2.2. Efficacité énergétique dans les nouveaux centres de calcul (PUEDA 2)

Le programme PUEDA 2 a démarré pratiquement une année après PUEDA 1, soit en septembre 2011, et il s'est terminé comme prévu au 3^{ème} trimestre 2014. L'objectif principal de PUEDA 2 reste similaire à celui de PUEDA 1, c'est-à-dire la suppression des obstacles empêchant l'exploitation du potentiel d'efficacité énergétique. Cependant ce programme n'est plus axé sur les centres de calcul existants, mais sur l'augmentation de l'efficacité électrique des nouveaux centres de calcul (nouvelles constructions ou bâtiments existants avec rénovation complète) en se focalisant principalement sur les besoins en électricité des infrastructures (p.ex. refroidissement et ventilation). La marche à suivre pour l'atteinte des objectifs du programme est également différente de celle de PUEDA 1, puisque les centres de calcul participant au programme n'existent pas encore ou sont en cours de réalisation. Le programme PUEDA 2 a donc défini les quatre mesures suivantes: la préparation des documents de base (sous un format standardisé et prêt à l'utilisation), la création d'un concept de planification, l'établissement d'un barème de contributions pour les nouveaux centres de calcul en fonction de la puissance IT installée (et à partir d'une puissance de 50 kW_{IT} et plus) et la communication des connaissances techniques acquises et des réalisations. Quant au versement de la contribution, il se base sur une valeur calculée (et non pas mesurée comme dans PUEDA 1) du PUE qui doit être réaliste et fondée, ainsi que sur un accord contractuel entre le futur propriétaire et le porteur du programme pour la réalisation et la mise en œuvre des mesures d'efficacité convenues.

Le programme a prévu de réaliser une économie cumulée sur 15 ans de 92 GWh avec une contribution de 1'000'000.- CHF, soit un coût efficacité de 1.09 cts/ kWh économisé. Dans le cadre du programme au total 11 entreprises y ont participé. Tout comme pour PUEDA 1, toutes ne sont pas au même niveau de réalisation : 6 entreprises ont reçu une contribution financière, tandis 2 entreprises ont décidé de quitter le programme et que les 2 autres sont encore dans la phase de la conclusion de la convention de soutien. Quant aux économies d'électricité, le programme PUEDA 2 a dépassé ses objectifs de plus de 400% avec une économie de 413 GWh, soit un coût efficacité de 0.25 cts/kWh économisé.



Dans le cadre de ce programme, les succès suivants ont été identifiés :

- la réalisation d'une réduction intéressante de la consommation ;
- l'augmentation de l'efficacité énergétique dans la planification ;
- la mise en place d'instruments pour une analyse précoce ;
- l'intégration d'un système de monitoring pour l'optimisation et la gestion du réglage ;
- la réalisation d'investissement avec des effets de longues durées.

De plus le programme PUEDA 2 est considéré par les entreprises comme étant simple (sur le plan administratif) et efficace. Cependant, tout comme PUEDA 1, le problème principal est le manque de participants et cela malgré diverses actions de prise de contact par courrier postale et par e-mail : sur environ 2'000 contacts, seulement 11 entreprises ont pris part au programme (HIT-rate de 0.6%). Les raisons pour ce manque de participants sont :

- la thématique trop abstraite pour la direction
- les coûts externes de planification élevés
- la surcharge de travail des ressources en interne
- les coûts bas de l'électricité (temps de retour sur investissement trop long)
- le peu de nouvelles constructions et de rénovations complètes
- le manque de prise de conscience

Le versement d'une contribution dans le cadre des nouvelles constructions est actuellement considéré comme critique : Le problème étant le contrôle et le suivi de la mise en œuvre des mesures d'économie d'électricité qui peuvent se prolonger bien au-delà du terme du programme. De plus, la quantification des économies réalisées se base sur des valeurs théoriques du PUE relativement ambitieuses (≤ 1.2). En d'autres termes, les économies qui seront effectivement réalisées seront probablement bien inférieures aux valeurs annoncées. A cela vient encore s'ajouter le profil des entreprises participantes, dont au moins huit d'entre elles (sur 11) ont des centres de calcul de plus 500 serveurs, ce qui représente déjà une part importante du potentiel disponible dans ces classes de taille de centres de calcul (voir tableau 1). Par contre, les centres de calcul de taille moyenne (entre 100 et 500 serveurs) n'ont pratiquement pas participé au programme, par manque d'information ou de sensibilisation.

6.2.3. Data Center Save Energy (DCSE)

Le programme DCSE est le dernier programme qui a été lancé dans le domaine des centres de calcul. Ce programme a démarré le 1^{er} janvier 2013 pour une période de 3 ans, soit jusqu'au 31 décembre 2015. Bien que DCSE soit relativement proche des deux programmes PUEDA 1 et 2, il a été accepté principalement pour que les centres de calcul (nouveaux et existants) en Suisse Romande puissent également être couverts, car PUEDA 1 & 2 ce sont principalement concentrés sur la Suisse Allemande. De plus le programme DCSE montre quelques aspects innovants, notamment dans la façon de rétribuer les économies d'électricité, d'aborder et de communiquer avec les participants du programme.

DCSE se focalise également sur la réduction de la consommation électrique, ainsi que sur l'élimination des obstacles, tels que les critères d'investissement orientés uniquement sur des temps de pay-back courts, le manque de temps et de connaissances des utilisateurs des centres de calcul ou encore le manque de volonté pour effectuer des contrôles continus et une optimisation de la consommation énergétique. A cet effet, le programme DCSE a défini trois objectifs principaux : la réduction de la consommation électrique d'au moins de 10% pour tous les participants au programme, la mise en place d'une liste de mesures et de solutions utilisables par tous les centres de calcul participant au programme et la création d'un manuel de référence pour les entreprises.



Le programme prévoit de réaliser une économie cumulée sur 8.5 ans de 59.5 GWh avec une contribution de 1'000'000.- CHF, soit un coût efficacité de 1.68 cts/kWh économisé. Actuellement 10 entreprises participent au programme avec différents niveaux de réalisation : 5 entreprises sont dans la phase 3 (mise en œuvre des mesures), 3 entreprises sont en cours de réalisation de la phase 2 (analyse fine et identification des mesures d'économie) et 2 entreprises ont décidé d'interrompre leur participation au programme. Actuellement, le programme a réalisé moins de 50% de son objectif, soit 25.5 GWh. Cependant, avec un éventuel prolongement du programme de 12 mois (afin de permettre aux entreprises d'avoir plus de temps pour la mise en œuvre des mesures), l'objectif semble encore réaliste et réalisable.

Bien que le programme DCSE soit le dernier programme à avoir démarré, il a pu en peu de temps remporter un certain nombre de succès, tels que :

- la mise en évidence et la prise de conscience de la part des entreprises de leur potentiel d'économie
- une gestion efficace du programme (reconnue par les participants du programme)
- une implémentation en Suisse Romande
- l'efficacité de la campagne d'acquisition de participants (HIT-rate de 13%)
- l'échange d'expérience
- l'importance du programme aux yeux des entreprises (grâce au soutien financier) et l'aide aux décisions d'investissements
- un bon outil marketing dans le domaine du «Green IT » pour les grandes entreprises

Tout comme les autres programmes, le programme DCSE a également rencontré des difficultés, qui sont d'ailleurs très similaires à celles rencontrées par PUEDA 1 et 2, telles que le manque de participants lors du lancement du programme, le champ d'action limité (les centres de calcul participant à des conventions d'objectifs, tombant sous l'article des gros consommateurs ou profitant déjà d'un soutien cantonal sont exclus) , le manque de compétence en efficacité énergétique dans les petites entreprises, le manque d'intérêt et de prise de conscience pour l'écologie (l'intérêt est souvent purement financier), la pression du temps (trois ans pour un tel programme est beaucoup trop court, notamment à cause des budgets élevés pour la mise en œuvre des mesures) et le manque de notoriété de ProKilowatt (le fait de mentionner l'OFEN permet d'ouvrir les portes plus facilement au sein des entreprises). A cela viennent encore s'ajouter les difficultés rencontrées par les entreprises elles-mêmes :

- l'effort pour l'exécution des mesures de consommation (avant et après la mise en place des mesures)
- le travail de conviction en interne
- les besoins en temps et en personnels
- la difficulté de trouver un chef de projet compétent dans le domaine de l'efficacité énergétique
- les frontières linguistiques (français, allemand, anglais)
- la difficulté de se focaliser sur le programme (les tâches journalières sont prioritaires)

6.3. Synthèse des programmes

La figure 4 montre les objectifs d'économies annuels annoncés et les économies effectivement réalisées par les trois programmes PUEDA 1, 2 et DCSE. Seul le programme PUEDA 2 a atteint, voir même largement dépassé son objectif d'économie. Dans le cadre de PUEDA 1, l'objectif d'économie a dû être réduit de 25%. Quant au programme DCSE étant donné qu'il atteint moins de 50% de son objectif, on peut s'attendre à une prolongation d'une année de ce dernier. La question d'effet d'aubaine



pour ces trois programmes ne s'est pas posée du fait des conditions de participation, où l'entreprise doit soit verser une finance d'inscription soit d'abord mettre les mesures d'économie en œuvre avant de pouvoir toucher la contribution. De plus le système de rétribution des contributions soutient principalement la mise en œuvre des mesures ambitieuses allant au-delà du standard.

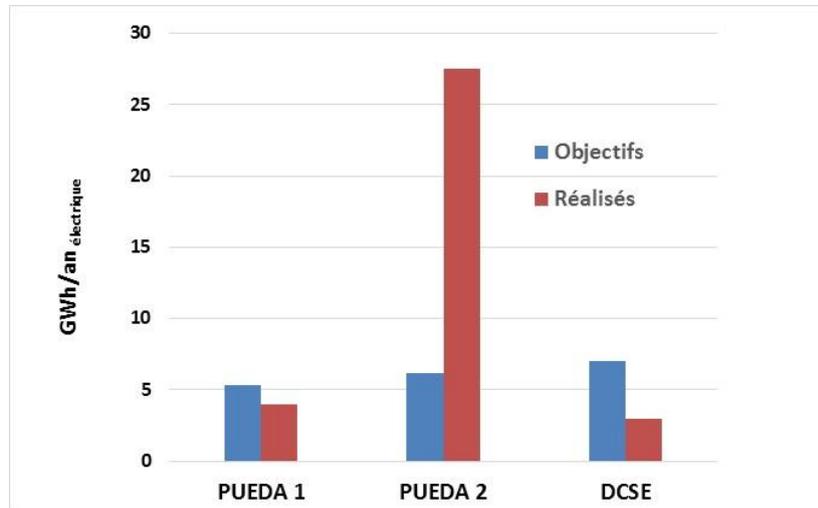


Figure 4. Objectifs d'économies annuels annoncés et réalisés par les programmes PUEDA 1, 2 et DCSE.

L'évaluation de ces trois programmes des appels d'offres publiques a permis de mettre en évidence un certain nombre de points à améliorer et il est cependant frappant de remarquer que les trois programmes se heurtent au même problème, qui est la difficulté de trouver des participants, sur les 38 entreprises qui se sont inscrites à l'un des programmes, seulement 28 d'entre elles ont été jusqu'au bout (mise en œuvre des mesures). Les raisons de cet état de fait sont notamment :

- le recoupement avec les conventions d'objectifs et l'article sur les gros consommateurs;
- le manque de compétences en efficacité énergétique et d'interlocuteurs dans les petits centres de calcul ;
- les moyens financiers limités des petits centres de calcul ;
- une transformation dans un centre de calcul en activité est un vrai défi en temps et en moyens financiers ;
- les délais pour les prises de décision, surtout celles liées aux investissements ;
- c'est d'abord le personnel IT et non pas la direction qui ont été abordés.

Il faudrait donc tout d'abord être en mesure de traiter ces problèmes avant de pouvoir lancer des nouveaux programmes d'appels d'offres publiques dans le domaine des centres de calcul. Cependant, les entreprises ont toujours la possibilité de soumettre directement des projets, dont les mesures sont plus ciblées et mesurables, dans le cadre des appels d'offres publiques.



7. Amélioration des mesures en cours

7.1. Travail de sensibilisation

Suite aux succès et difficultés rencontrées par les programmes PUEDA 1, 2 et DCSE (voir 6.2), il est possible de définir un certain nombre d'améliorations. A cet effet, il faudrait :

- se concentrer tout d'abord sur les entreprises qui sont en phase de planification de transformation pour leurs infrastructures (soit tous les 10 ans) et/ou leurs matériels IT (soit tous les 3 à 5 ans) ;
- sensibiliser, voir former et informer, davantage les membres de la direction des centres de calcul sur les aspects de l'efficacité énergétique, afin qu'ils puissent décider des investissements en connaissance de cause ;
- améliorer l'acquisition de participants dans le cadre des nouveaux programmes qui doit être impérativement orientée et adaptée au management (aux décideurs) ;
- sensibiliser et s'associer les bureaux d'ingénieurs externes qui sont responsables de la planification des centres de calcul ;
- prolonger la durée des programmes de 3 ans à 4 ans, afin de tenir compte des délais décisionnels.

Bien que les programmes de soutien aient permis la mise en place d'une base solide pour la propagation de la thématique de l'efficacité énergétique dans les centres de calcul, il est cependant encore nécessaire de renforcer les mesures de sensibilisation notamment auprès des utilisateurs de petits centres de calcul (de 11 à 100 serveurs) qui jusqu'à maintenant n'ont pratiquement participé à aucun de trois programmes, ce qui représente plus de 1'000 centres de calcul (voir tableau 1). Comme il a été mentionné plus haut, le problème de ces petits centres de calcul est justement qu'ils n'ont pas de personnes compétentes en interne pour traiter l'efficacité énergétique. Il faudrait donc leur faire parvenir l'information par des canaux externes, tels que :

- des campagnes d'informations
- des articles dans des revues spécialisées
- des offres de formation continue
- des normes et des directives

En fait, tous ces points pourraient, par exemple, être repris dans le cas d'une campagne SuisseEnergie²⁵ ayant pour objectifs : a) sensibiliser et encourager les centres de calcul de taille moyenne (entre 50 et 200 serveurs) à mettre en œuvre par eux-mêmes des mesures d'efficacité simples et rentables, b) d'encourager les petits centres de calcul (moins de 50 serveurs) à migrer chez un prestataire de service (dont les centres de calcul sont énergétiquement plus efficaces) et c) apporter un soutien aux petites et moyennes entreprises dans le cadre de conseils et d'analyses énergétiques. De plus une telle campagne pourrait également profiter de l'expérience acquise dans le cadre des projets d'exemplarité énergétique de la confédération dans le domaine des centres de calcul de l'administration fédérale et des entreprises liées à la Confédération, où onze mesures ont été définies avec une mise en œuvre échelonnée entre 2015 (pour les plus faciles) et 2030 (pour les plus complexes)²⁶. Il est donc important que l'administration fédérale tiende ses objectifs dans son effort d'exemplarité, tel que dans le cas du regroupement des centres de calcul qui a d'ailleurs été approuvé par le Conseil Fédéral en Juillet 2014²⁷.

²⁵ <http://www.suisseenergie.ch/fr-ch/home.aspx>

²⁶ Centre de calcul et informatique verte, sous https://www.energie-vorbild.admin.ch/vbe/fr/home/organisation0/aktionsbereiche/rechnen-tren_green_it.html

²⁷ Communiqué de presse du 2.7.2014 de l'UPIIC sous <https://www.news.admin.ch/message/index.html?lang=fr&msg-id=53634>



En d'autres termes, il serait prématuré de tenter de lancer d'autres programmes d'appels d'offres publiques dans le domaine des centres de calcul tant que ce travail de sensibilisation n'aura pas été implémenté en profondeur. Cependant, les entreprises ont toujours la possibilité de soumettre directement des projets, dont les mesures sont plus ciblées et mesurables, dans le cadre des appels d'offres publiques.

7.2. Réduction des émissions de CO₂

Deux mesures de réduction des émissions de CO₂, qui sont l'utilisation des rejets de chaleur et de courant vert, ont été présentées au chapitre 5. Ces deux mesures permettraient à elles seules de réduire théoriquement jusqu'à 9% des émissions de CO₂ dans le secteur des services. Là aussi, il y a un manque d'information et de compétence dans les moyens et petits centres de calcul sur ce qu'il est possible de faire. En fait, il faudrait transmettre l'information par les mêmes canaux que ceux énoncés précédemment (voir 7.1) : campagne d'information, articles dans des revues spécialisées et offres de formation continue. De plus, dans le cadre des programmes de soutien pour la réduction de la consommation électrique, tels que les appels d'offres publics, il serait possible de créditer et de valoriser de façon institutionnelle l'utilisation des rejets de chaleur en prenant exemple de ce qui est fait dans le cadre des programmes PUE^{DA} ²⁸ :

$$\text{PUE}^{\text{DA}} = \text{PUE} - \text{crédit pour la l'utilisation des rejets de chaleur}$$

De cette façon la valeur du PUE diminue, ce qui permet ainsi de toucher plus de contribution pour couvrir une partie des surcoûts d'investissement pour la récupération des rejets de chaleur.

Quant à l'utilisation du courant vert, à part quelques actions de sensibilisation et d'information, aucune mesure supplémentaire n'est nécessaire. D'ailleurs le marché du courant vert certifié (p.ex. avec le label « naturemade ») est déjà établi et il est disponible auprès des producteurs et des distributeurs d'électricité²⁹.

7.3. Prescriptions d'efficacité et normes

Les prescriptions d'efficacité édictées par le Conseil fédéral sont retranscrites dans les annexes de l'ordonnance sur l'énergie. Dans le cadre de la révision de l'ordonnance sur l'énergie (OEne, 730.01), un certain nombre de nouvelles prescriptions ont été introduites et qui touchent de façon directe ou indirecte les centres de calcul.

Au niveau du matériel IT, une nouvelle prescription d'efficacité sur les ordinateurs et les serveurs a été éditée (annexe 2.16) en reprenant le règlement (UE) no 617/2013. Cette nouvelle prescription est entrée en vigueur le 1^{er} août 2014.

En ce qui concerne l'infrastructure de refroidissement (et également dans une certaine mesure les installations de récupération de chaleur), outre la prescription concernant les pompes de circulation, il y a encore deux autres nouvelles prescriptions d'efficacité qui sont également entrées en vigueur le 1^{er} août 2014 pour les pompes à eau (annexe 2.17) et les ventilateurs (annexe 2.19). La communauté européenne étudie actuellement la possibilité d'édicter une directive sur les compresseurs (p.ex. pour la production de froid) qui pourrait être ensuite reprise par la Suisse.

²⁸ <http://www.pueda.ch>

²⁹ <http://www.naturemade.ch>



De plus, dans le cadres des programmes PUEDA 1 et 2, il est prévu de développer une ou plusieurs normes et directives SIA dans le but d'implémenter les bonnes pratiques et d'améliorer ainsi l'efficacité des infrastructures liées au fonctionnement des centres de calcul. Une première ébauche devrait être prête au plus tôt dans le courant 2016.

Actuellement, spécifique à l'efficacité dans les centres de calcul, il n'existe en Suisse que le code de conduite de l'association Suisse de la Télécommunication (ASUT)³⁰.

Bien qu'il soit certain que ces prescriptions et ces normes auront un effet positif sur la réduction de la consommation de courant des centres de calcul, la quantification de ces effets est pour l'instant difficile à estimer.

8. Conclusions

Dans le cadre de l'étude de potentiel, les centres de calcul en Suisse ont été groupés en fonction du nombre de serveurs et de leur affectation. Seuls les centres de calcul avec 11 serveurs et plus ont été pris en considération, car ces derniers nécessitent dans tous les cas une infrastructure de refroidissement, de circulation et de distribution d'air. L'affectation des centres de calcul est soit pour une utilisation interne à l'entreprise (centres de calcul internes) ou soit en tant que prestataires de service à des tiers (centres de calcul externes).

En Suisse les centres de calcul occupent une surface de 235'000 m², dont les deux tiers (soit 150'000 m²) sont occupés par les centres de calculs externes (prestataires de service à des tiers), avec une consommation électrique annuelle moyenne de 1'661 GWh (soit environ 2.8% de la consommation électrique totale en Suisse).

Le potentiel d'efficacité énergétique des centres de calcul a été estimé à 716 GWh par an, soit 43% de la consommation annuelle des centres de calcul : a) au niveau des infrastructures de refroidissement et de distribution du froid (augmentation de la température d'utilisation des composants IT, free cooling, séparation des allées chaudes et des allées froides, du rendement des installations de production de froid) et b) au niveau de l'équipement IT (consolidation et virtualisation des serveurs, stockage des données sur SSD ou mémoire flash, back-up sur bandes magnétiques, technologie courant continu).

Outre les mesures de réduction de la consommation électrique, il est tout à fait possible dans un même temps de réduire les émissions de CO₂ dans le secteur des services au moyen de l'utilisation des rejets de chaleur et/ou de l'utilisation de courant vert. Cependant ces deux mesures ne semblent être mises en œuvre que par quelques grandes entreprises. De plus l'utilisation de courant vert n'a pas une grande influence sur le bilan CO₂ Suisse puisque la référence est le mix de production presque sans émissions.

L'efficacité énergétique des centres de calcul est principalement soutenue par trois programmes des appels d'offres publiques : PUEDA 1, PUEDA 2 et DCSE. Les économies d'électricité cumulées de ces trois programmes se montent à 34.5 GWh par an.

Le programme PUEDA 1 a dû d'une part être prolongé d'une année et d'autre part son objectif d'économie a dû être réduit de 25% par manque de participants. Par contre le programme PUEDA 2 a dépassé son objectif de plus de 400%. Quant au programme DCSE, il n'a réalisé jusqu'à maintenant

³⁰ <http://www.asut.ch/fr/publications/swiss-coc-fuer-data-center>



moins de 50% de son objectif. Au total seulement 38 entreprises, qui sont principalement des entreprises avec 100 serveurs et plus, ont participé à ces programmes et seulement 28 d'entre elles ont implémenté des mesures d'efficacité. Les autres, qui représentent la grande majorité, n'ont pratiquement pas participé. Il y a donc un travail important de sensibilisation à faire. Sans ce travail de sensibilisation, il peut être prématuré de lancer des nouveaux programmes de soutien au moyen des appels d'offres publiques dans le domaine des centres de calcul.

L'amélioration des mesures en cours passe principalement par la sensibilisation sur la thématique de l'efficacité énergétique, y compris les aspects concernant la réduction des émissions de CO₂, dans les centres de calcul auprès des entreprises et des bureaux d'ingénieurs au moyen de campagnes d'information, d'articles dans des revues spécialisées, d'offres en formation continue et de workshops. De plus les mesures de sensibilisation peuvent également s'appuyer sur l'entrée en vigueur de nouvelles prescriptions, de nouvelles normes et des résultats obtenus dans le cadre du programme d'exemplarité énergétique de l'administration fédérale et des entreprises liées à la confédération.



Annexe – Calcul des émissions de CO₂

Emissions de CO₂ économisée par l'utilisation des rejets de chaleur (potentiel théorique)

Consommation électrique des centres de calcul en Suisse	1'661.00	GWh el
PUE	1.65	-
Consommation électrique du matériel IT	1'006.67	GWh el
Facteur de perte pour la récupération des rejets de chaleur	15	%
Energie thermique des rejets de chaleur	855.67	GWh th
Emission spécifique de CO ₂ mazout (huile de chauffage)	0.264	kg CO ₂ /kWh th
Rendement de chaudière à mazout	100	%
Emissions de CO ₂ économisées par les rejets de chaleur	0.226	millions to. CO₂
Emissions de CO ₂ dans le secteur des services en 2012	4.54	millions to. CO₂
Pourcentage des émissions de CO ₂ dans le secteur des services	5.0	%

Emissions de CO₂ due à la consommation électrique (consommation totale, consommation des centres de calcul)³¹

a) Mix par défaut

Consommation électrique des centres de calcul en Suisse	1.661	TWh
Emissions spécifique de CO ₂ de l'électricité consommée en Suisse	0.101	kg CO ₂ /kWh
Emissions de CO ₂ due à la consommation d'électricité des centres de calcul	0.168	millions to. CO ₂
Emission de CO ₂ dans le secteur des services en 2012	4.54	millions to. CO ₂
Pourcentage des émissions de CO ₂ de la consommation électrique de centres de calcul par rapport au secteur des services	3.7	%

b) Mix de production

Consommation électrique des centres de calcul en Suisse	1.661	TWh
Emissions spécifique de CO ₂ de l'électricité produite en Suisse	0.028	kg CO ₂ /kWh
Emissions de CO ₂ due à la consommation d'électricité des centres de calcul	0.047	millions to. CO ₂
Emission de CO ₂ dans le secteur des services en 2012	4.54	millions to. CO ₂
Pourcentage des émissions de CO ₂ de la consommation électrique de centres de calcul par rapport au secteur des services	1.0	%

³¹ Emissions de CO₂ en fonction du mix électrique sous http://www.bafu.admin.ch/klima/09608/index.html?lang=fr#sprungmarke1_24
28/28