



Rapport final 14 décembre 2011

La signature électrique des bâtiments

Méthodologie d'analyse de la consommation
d'électricité des bâtiments en 3 étapes
Application aux hôtels et aux EMS

Annexes au rapport final

Mandant:

Office fédéral de l'énergie OFEN
Programme de recherche Energie dans les bâtiments
CH-3003 Berne
www.bfe.admin.ch

Mandataires:

Weinmann-Energies SA
Route d'Yverdon 4
1040 Echallens
info@weinmann-energies.ch

Ecost Energy Consulting
Rue des Croisettes 26
1066 Epalinges
sahar.pasche@ecost.ch

Auteurs:

Francine Wegmueller, Weinmann-Energies SA, fwe@weinmann-energies.ch
Sahar Pasche, Ecost SA, Ecost Energy Consulting, sahar.pasche@ecost.ch
Charles Weinmann, Weinmann-Energies SA, cwe@weinmann-energies.ch

Responsable de domaine de l'OFEN: Andreas Eckmanns

Chef de programme de l'OFEN: Charles Filleux

Numéro du contrat et du projet de l'OFEN: 153539 / 102747

L'auteur de ce rapport porte seul la responsabilité de son contenu et de ses conclusions.

Table des matières

1. ANNEXE 1 ANALYSE DÉTAILLÉE D'UN PETIT BÂTIMENT ADMINISTRATIF.....	4
1.1. INTRODUCTION	4
1.2. MÉTHODOLOGIE	4
1.3. CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ D'UNE PETIT BÂTIMENT ADMINISTRATIF.....	6
1.3.1. <i>Approche</i>	6
1.3.2. <i>Résultats</i>	6
1.3.3. <i>Analyse des résultats et comparaison des 4 méthodes</i>	12
1.3.4. <i>Conclusion</i>	15
2. ANNEXE 2 IMPORTANCE DE LA STRUCTURE TARIFAIRE DES FOURNISSEURS D'ÉLECTRICITÉ MÉTHODOLOGIE POUR PASSER AUX HEURES D'ACTIVITÉS – HEURES DE REPOS.....	16
3. ANNEXE 3 GLOSSAIRE.....	26
4. ANNEXE 4 MARCHE À SUIVRE POUR L'APPLICATION DE LA MÉTHODE À UN HÔTEL.....	28
5. ANNEXE 5 ANALYSE DE 2 HÔTELS SELON LA MÉTHODOLOGIE	31
5.1. ANALYSE DE L'HÔTEL N° 16.....	31
5.2. ANALYSE DE L'HÔTEL N° 20.....	34
6. ANNEXE 6 TABLEAU DES VALEURS POUR LES HÔTELS.....	37
7. ANNEXE 7 TABLEAU DES VALEURS POUR LES EMS	38

1. ANNEXE 1

Analyse détaillée d'un petit bâtiment administratif

1.1. Introduction

Cette annexe présente les premiers travaux qui ont été réalisés dans le cadre du projet de recherche *signature électrique*, en suivant la méthodologie initialement prévue pour le projet de recherche. De fait, les résultats présentés ci-dessous ont été essentiels dans notre réflexion, notamment pour développer la méthodologie présentée dans le rapport et surtout pour montrer que les informations de puissances obtenues à partir des factures d'électricité sont suffisantes pour une première analyse qualitative et quantitative de la consommation d'électricité.

Le bâtiment

Il s'agit d'une villa construite en 1951 qui a été transformée en bureaux administratifs sur 4 niveaux : le sous-sol partiellement excavé, 2 étages et les combles. En plus des bureaux, le bâtiment contient également 1 salle de séance et 1 local serveur. Le bâtiment comporte également l'ancienne cuisine, toujours équipée, et quelques pièces qui servent de dépôts de matériel.

Entre le 1^{er} novembre 2007 et le 31 octobre 2008, le bâtiment principal a consommé 22'173 kWh, ce qui correspond à une puissance moyenne, P_M , de 2.53 kW.

1.2. Méthodologie

De manière générale, il existe quatre méthodes permettant de connaître la consommation d'électricité d'un bâtiment en [kWh/an], [kWh/m²] ou [kWh/personne] et d'obtenir une courbe de charge de la consommation électrique au cours du temps :

Calcul selon le cahier technique 2024

Cette première approche est théorique. Elle se base sur des calculs en fonction de données figurant dans le cahier technique 2024 de la SIA. Ces données sont définies pour chaque type de local ; ce sont des puissances d'équipement et d'éclairage ainsi que des heures de fonctionnement respectives. Des surfaces-types allouées par personne sont également indiquées. La consommation d'électricité obtenue par cette méthode sera appelée **consommation d'électricité théorique** du bâtiment. La courbe de charge associée sera la **courbe de charge théorique**, obtenue par addition des courbes de charge partielles des équipements considérés. Une **puissance de pointe théorique** peut également être définie (= puissance journalière calculée maximale).

Enregistrement de la consommation

La seconde approche se fait par le biais d'un enregistrement, qui est le relevé en continu de la consommation électrique d'un bâtiment. Cette mesure se fait par exemple en posant un data-logger sur le compteur électrique, qui enregistre les impulsions émises, le plus souvent quart d'heure par quart d'heure, durant une semaine type. Le résultat de cette méthode sera une **consommation d'électricité mesurée**, représentée au cours du temps par la **courbe de charge mesurée**. La **puissance de pointe mesurée** est tirée de la courbe de charge enregistrée. Pour obtenir la consommation annuelle, il s'agit d'extrapoler la consommation hebdomadaire enregistrée sur une année entière.

Mesures au wattmètre

Il est possible d'obtenir une bonne compréhension de la consommation réelle d'un bâtiment en mesurant les puissances installées des appareils d'équipement, sans oublier celle des luminaires. Une estimation du temps de fonctionnement de chaque appareil et luminaire permettra alors d'obtenir par addition le profil des consommations individuelles par jour, donc finalement la consommation totale journalière du bâtiment, qui peut être calée sur la courbe de charge mesurée. Il sera à ce moment possible de déterminer si les bases de calcul selon le cahier technique 2024 correspondent au cas particulier étudié.

L'addition de toutes les puissances au fil des heures donnera la **courbe de charge calculée**.

Une **puissance de pointe calculée** peut également être obtenue. Ces résultats permettent finalement de déceler d'où proviennent les différences entre les valeurs calculées selon SIA 2024 et l'enregistrement de la courbe de charge durant la période choisie.

Les résultats étendus sur l'année conduiront ensuite à la **consommation d'électricité annuelle calculée**. Il reste toutefois deux questions : la consommation hebdomadaire est-elle représentative de l'année entière, est-elle adaptée aux besoins des utilisateurs ou y a-t-il un potentiel d'optimisation ?

Factures

Pour les bâtiments en service depuis une certaine durée, l'exploitant dispose des factures d'électricité provenant du fournisseur d'énergie. Celles-ci donnent les kWh totaux consommés et facturés. Il existe les cas de factures mensuelles, trimestrielles ou annuelles. Dans certains cas, les factures mensuelles ne sont que des demandes d'acompte. Une facture comprend souvent une répartition de la consommation en kWh selon les heures pleines (HP) et les heures creuses (HC). A partir de là, il est possible de reconstituer une **courbe de charge simplifiée, facturée**. Sur certaines factures, la **puissance de pointe facturée** est indiquée pour la période de facturation.

Au final, les consommations d'électricité annuelles théorique, mesurée, calculée et facturée devraient être équivalentes. La forme des courbes de charges théorique, mesurée, facturée et calculée devraient également être semblables.

1.3. Consommation d'électricité d'une petit bâtiment administratif

1.3.1. Approche

Afin de tester la solidité des quatre approches décrites au chapitre 2 et de définir l'apport de chacune d'elles à la compréhension de la consommation d'électricité, un bâtiment administratif a été étudié. Les utilisations des locaux, de l'équipement et de l'éclairage sont connues.

L'ensemble des locaux considérés entrent dans la catégorie III, administration, selon la norme SIA 380/1. Le bâtiment contient surtout des bureaux individuels et collectifs, ce qui correspond au type de locaux 3.1 selon le CT 2024. Le tableau 1 indique les différents types de locaux ainsi que leurs surfaces respectives.

Types de locaux	Surface [m ²]
Bureaux	204
Salles de conférence	24
WC	6
Salles de bain/WC	7.5
Locaux annexes	28
Cuisine	13.5
Carnotzet + couloirs	69
Local informatique	4.5
TOTAL	356.5

Tableau 1: Types de locaux et surfaces respectives du bâtiment étudié.

Les quatre méthodes de détermination de la consommation d'électricité ont été appliquées, et donnent des résultats annuels, en kWh/an, en fonction de la surface de référence énergétique, en kWh/m² et en fonction des personnes. Pour cette dernière grandeur spécifique, nous avons différencié le nombre de personnes réel, du nombre de personnes théorique obtenu grâce au nombre de m² par collaborateurs indiqué par le CT 2024.

1.3.2. Résultats

Les principaux résultats pour chaque méthode de mesures sont présentés ci-dessous

Calcul selon le cahier technique 2024 - consommation d'électricité théorique

Pour calculer la consommation d'électricité théorique avec le cahier 2024, il est nécessaire de connaître les surfaces des locaux. En fonction du type de local, les puissances théoriques d'équipement et d'éclairage sont données en fonction de la surface, ainsi que les heures de fonctionnement respectives [h/an].

Le CT 2024 donne également le facteur de simultanéité heure par heure, ce qui permet d'évaluer la consommation heure par heure des appareils, de l'éclairage et de la ventilation et d'estimer ainsi la consommation électrique journalière du bâtiment.

Fiabilité de la méthode : les calculs de consommation électrique avec le CT 2024 sont basés sur des puissances d'équipement et d'éclairage moyennes par unité de surface ou par personne et sur un nombre d'heures de fonctionnement selon le type de local. Ces données donnent des résultats généraux et ne tiennent pas compte du comportement des utilisateurs ni des spécificités de chaque situation.

Le tableau 2 indique le nombre de collaborateurs de chaque bâtiment selon le cahier 2024 en fonction de la surface et conformément à la réalité. On peut constater que le bâtiment contient environ 50% de collaborateurs en plus que ce qui est calculé à partir du CT 2024.

Surface de bureaux [m ²]	Collaborateurs selon CT 2024	Collaborateurs réels
204	15	23

Tableau 2 : Nombre de collaborateurs par surface de bureau.

Le tableau 3 indique la consommation théorique calculée à partir du cahier 2024 et les différentes puissances, P_M , P_{HR} , P_{HA} et P_P , ainsi que le rapport P_{HR}/P_M . La consommation calculée selon le CT 2024 est de 30'400 kWh/an, ce qui est beaucoup plus élevé que la consommation annuelle réelle qui est de 22'173 kWh. Ceci est principalement dû à la part importante attribuée aux serveurs, malgré la prise en compte d'une surface minimale pour ce local. En effet, selon le cahier technique, le local serveur représente plus de 19'000 kWh/an, répartis en ruban, soit une puissance moyenne de 2.2 kW.

Sur la courbe de charge théorique présentée à la figure 1, on observe la part du local serveur, en mauve, qui est présente jour et nuit. Pendant les heures de repos, le local serveur représente plus de 80% de la puissance électrique totale.

Pendant les heures d'activités, une part importante de la puissance appelée est due à l'éclairage des bureaux et à leur équipement (en rouge et en bordeaux). Cela représente environ ¼ de la consommation annuelle.

A noter qu'en dehors des besoins des serveurs, la prestation la plus gourmande en électricité est l'éclairage, qui représente ¼ de la consommation annuelle.

Conso. [kWh/an]	P_M [kW]	P_{HR} [kW]	P_{HA} [kW]	P_P [kW]	P_{HR}/P_M [kW]
30'400	3.47	2.66	7.55	8.71	0.77

Tableau 3 : Consommation d'électricité théorique annuelle du bâtiment administratif étudié et puissances annuelles calculée à partir du CT 2024 : puissance moyenne, heure de repos, heure d'activité et puissance de pointe.

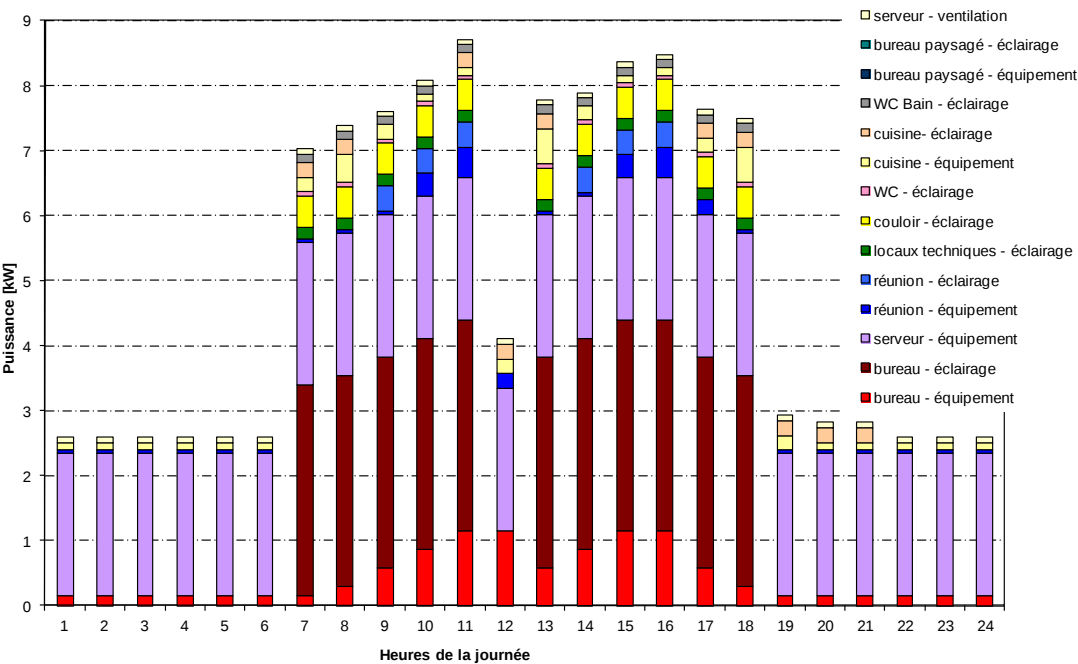


Figure 1 : Consommation journalière heure par heure du bâtiment administratif étudié.

Enregistrement de la consommation – consommation d'électricité mesurée

Dans le but d'obtenir un enregistrement de la consommation d'électricité au cours du temps, un data-logger a été posé sur le compteur électrique du bâtiment, sur des périodes d'une semaine. Cet appareil compte le nombre d'impulsions par tranche de 15 minutes, qui correspondent à un nombre précis de kWh. Le résultat obtenu est une courbe de charge mesurée des puissances appelées, quart d'heure par quart d'heure, sur une semaine.

Ces courbes de charges permettent notamment de mettre en évidence les horaires d'activité et de repos spécifiques de l'entreprise sur la période considérée. D'autre part, en considérant 50 semaines de travail par année, nous avons également estimé la consommation annuelle totale du bâtiment.

Fiabilité de la méthode : cette méthode est sûre et ne comporte que peu de risque d'erreur. Les seules sources d'inexactitudes sont la valeur de consommation de la semaine moyenne utilisée dans le calcul de la consommation annuelle totale (en effet, des semaines d'été ont été prises comme référence, période de vacances où toutes les personnes ne sont pas forcément présentes), ainsi que l'hypothèse qu'une année comporte 50 semaines et non pas 52 (il manquera alors la consommation due notamment au serveur informatique, qui n'est pas arrêté pendant les vacances).

La figure 2 montre la courbe de charge du bâtiment administratif étudié. Le 2.8.2008 est un samedi. On peut constater une présence le dimanche. Les jours ouvrables de la semaine qui suit sont tous différents et sont à comparer avec les données de la figure 1.

La puissance de pointe sur la semaine présentée peut facilement être déterminée. Elle est de 7.72 kW le mardi 5 août à 15h15. La courbe de charge permet également de mettre en évidence P_{HR} pendant les périodes de repos, qui est de 2.0 kW, avec des valeurs journalières comprises entre 1.8 et 2.3 kW. En revanche, il est plus difficile de mettre en évidence la puissance d'activité visuellement. Sur la semaine considérée, la puissance d'activité P_{HA} est de 4.4 kW et varie entre 3.9 et 4.9 kW en fonction des jours.

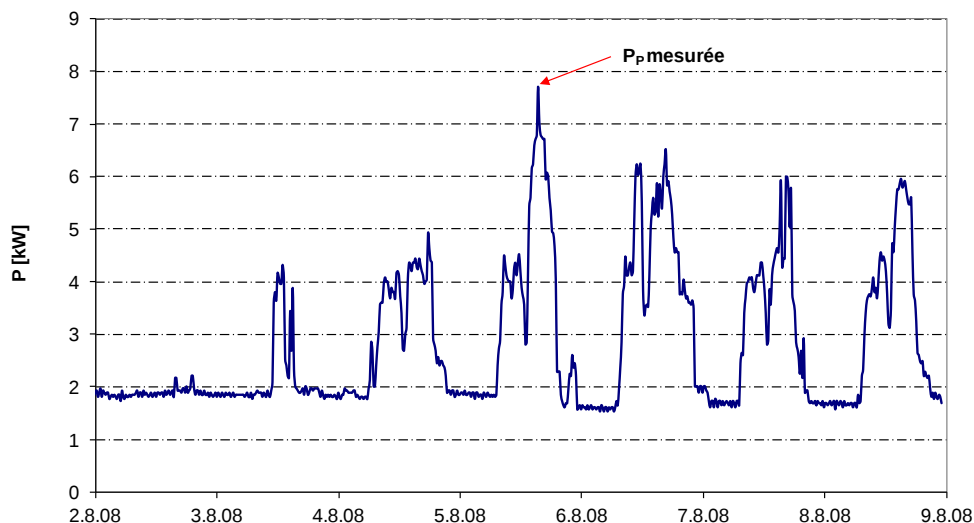


Figure 2: Courbe de charge hebdomadaire du bâtiment administratif étudié. Exemple de la semaine du 2 au 9 août 2008.

Les consommations d'électricité mesurées figurent dans le tableau 4. Elles ont été calculées sur la base des moyennes des différentes valeurs hebdomadaires obtenues, pour 50 semaines de travail par année, en considérant la semaine de fermeture à Noël et les jours fériés. Il est à noter que le serveur, lui, fonction toute l'année. La consommation devrait donc être légèrement sous-estimée.

Par cette méthode, nous obtenons une consommation électrique annuelle mesurée de 23'950 kWh/an, ce qui correspond à une puissance moyenne de 2.73 kW (tableau 6). Par

comparaison à la consommation annuelle réelle de 22'173 kWh, cela représente un écart de 8%. Nous pouvons donc considérer que la période de mesure correspondait à des semaines relativement standards.

Conso. [kWh/an]	P _M [kW]	P _{HR} [kW]	P _{HA} [kW]	P _P [kW]	P _{HR} /P _M [kW]
23'950	2.73	1.98	4.44	7.72	0.73

Tableau 4 : Consommation d'électricité mesurée annuelle du bâtiment administratif étudié. La consommation est estimée à partir de la moyenne de 3 semaines de mesure, en considérant 50 semaines de travail. Puissances annuelles mesurées : puissance moyenne, heure de repos, heure d'activité et puissance de pointe

Mesures au wattmètre – consommation d'électricité calculée

Dans un premier temps, la puissance en mode éteint, stand-by, en fonction de chaque appareil d'équipement a été mesurée à l'aide d'un wattmètre. La puissance de chaque luminaire a également été relevée. Par la suite, un temps de fonctionnement par jour d'activité a été estimé pour chaque élément dont la puissance est connue. Grâce à ces données, des consommations journalières par jour d'activité et par jour de repos ont été estimées pour chaque bâtiment, puis des consommations hebdomadaires et annuelles. Grâce à ces données de base, une courbe de charge calculée a pu être construite.

Pour que cette dernière soit au plus proche de la réalité, nous avons utilisé les informations de la courbe de charge mesurée et de la consommation d'électricité réelle pour caler nos résultats. Il est à noter que cette démarche est relativement fastidieuse et ne peut être appliquée qu'à de petits bâtiments qui sont bien connus.

Fiabilité de la méthode : cette méthode comporte une source d'inexactitude importante. Bien que les puissances de tous les appareils et luminaires soient connus, il est difficile d'estimer précisément leur temps de fonctionnement. Dans cette méthode, le comportement humain joue une grande importance, puisqu'il faut tenir compte des habitudes des gens pour estimer le temps de fonctionnement autant de l'équipement que de l'éclairage (rendez-vous à l'extérieur, efforts en vue d'économie d'électricité, oublis, etc.).

Le tableau 5 indique les consommations calculées à partir des mesures de puissance des appareils faites avec un wattmètre et le relevé des puissances d'éclairage, ainsi que l'estimation des heures de fonctionnement. Une courbe de charge a également été dessinée à partir des mesures de puissance et des estimations de temps d'utilisation. Le tableau 8 donne les puissances moyennes.

Grâce à la méthode utilisée, la consommation annuelle calculée, 23652 kWh/an, et la puissance moyenne P_M, 2.7 kW, sont proches des valeurs réelles.

Conso. [kWh/an]	P _M [kW]	P _{HR} [kW]	P _{HA} [kW]	P _P [kW]	P _{HR} /P _M [kW]
23'652	2.7	1.42	5.45	-	0.53

Tableau 5 : Consommation d'électricité calculée annuelle du bâtiment administratif étudié et puissances annuelles calculées : puissance moyenne, heure de repos, heure d'activité et puissance de pointe

A ce stade, il est intéressant de comparer les puissances attribuées poste par poste des résultats théoriques issus du CT 2024 et celles issues des résultats calculés (voir tableau 6) qui met en évidence 2 différences importantes : la consommation pour le serveur, avec une valeur surévaluée selon le CT 2024, d'un facteur 2 pratiquement, et la consommation d'électricité pour les bureaux, avec une valeur plus importante pour la méthode calculée.

Pour le serveur, nous avons déjà mis en évidence que cette consommation était surévaluée (fig. 1). Cela tient probablement au fait que nous avons attribué le type de local serveur à la

pièce qui contient les serveurs de l'entreprise. Cependant, la densité de matériel informatique n'est pas, et de loin, similaire à celle d'un véritable local serveur. En effet, la puissance allouée à l'équipement prédite par le cahier 2024 est deux fois supérieure à la puissance mesurée du serveur informatique. Les heures de fonctionnement sont identiques.

La consommation annuelle due aux bureaux avec le wattmètre est environ 1.5 fois plus élevée que celle calculée avec le CT 2024. Ce ratio correspond au ratio entre le nombre de postes de travail réels (23) et le nombre de postes de travail standard admis selon le CT 2024 (15). Ainsi la consommation annuelle d'énergie par poste de travail est de 496 kWh et 488 kWh respectivement, soit des valeurs semblables. Le nombre de postes de travail est donc dans ce cas un indicateur mieux adapté que la surface des bureaux.

Il est également possible de constater que les consommations d'électricité pour l'éclairage sont systématiquement plus élevées selon le CT 2024 qu'avec les calculs basés sur les mesures du wattmètre. La cause est principalement due aux heures d'enclenchement de l'éclairage qui sont parfois beaucoup plus élevées que dans la réalité pour certains types de locaux : WC, salles de bains, locaux techniques, salles de conférence et cuisine notamment. A noter qu'il y a parfois des écarts non négligeables sur les puissances installées pour l'éclairage. Ceci peut avoir deux raisons : la première provient de différences d'utilisation des locaux. En effet, il n'est pas spécifié dans le cahier 2024 si la cuisine, la salle de bain, les WC sont des locaux d'habitation ou d'entreprise. L'utilisation d'une salle de bains est pourtant bien différente selon ces deux situations. De plus, les heures de fonctionnement attribuées aux différents locaux sont généralement très importantes dans le CT 2024 et souvent peu réalistes. Par exemple, l'éclairage des WC est sensé fonctionner 6.8 h/j et celui de la cuisine 7.5 h/j. De plus, les différents locaux d'une habitation ou d'une entreprise sont rarement utilisés tous en même temps, ce qui pose la question de la simultanéité d'utilisation dans le décompte des heures de fonctionnement.

	Surface	Equipements						Eclairage						Consommation d'électricité	
		CT 2024			EMU			CT 2024			EMU			CT 2024	EMU
		P équ	H équ	E équ	P équ	H équ	E équ	P écl	H écl	E écl	P écl	H écl	E écl	Total	Total
Locaux	[m2]	[W/m2]	[h/an]	[kWh/m2]	[W/m2]	[h/an]	[kWh/m2]	[W/m2]	[h/an]	[kWh/m2]	[W/m2]	[h/an]	[kWh/m2]	[kWh/an]	[kWh/an]
bureaux rez inf -> combles	204.0	7.0	1'690	11.8	28.6	1'651	47.2	15.9	1'510	24.0	4.6	1'889	8.7	7'311	11'403
salle de bain 1er étage	7.5	-	-	-	-	-	-	11.1	2'500	27.8	16.0	25	0.4	208	3
WC rez inf.	6.0	-	-	-	8.5	510	4.3	17.2	1'770	30.4	25.0	255	6.4	183	64
locaux technique rez inf.	28.0	-	-	-	2.3	4'368	10.2	6.3	2'330	14.7	3.6	50	0.2	410	289
salle de conférence rez sup.	24.1	2.0	1'380	2.8	-	-	-	15.9	820	13.0	13.2	206	2.7	380	66
cuisine rez sup.	13.6	40.0	2'340	93.6	273.5	306	83.8	17.0	2'750	46.8	8.8	1'021	9.0	1'909	1'262
couloirs	68.7	-	-	-	2.1	60	0.1	7.0	1'510	10.6	2.3	1'645	3.7	726	264
local serveur	4.4	500.0	8'760	4'380.0	324.5	8'760	2'263.4	-	-	-	38.2	2'040	77.9	19'272	10'302
Total	356.2													30'399	23'652

Tableau 6 : Comparaison des puissances installées et des consommations en fonction des locaux, selon la méthode théorique CT2024 et la méthode calculée avec un wattmètre.

Factures – consommation d'électricité facturée

La quantité d'énergie consommée sur une période d'une année est relevée sur les factures d'électricité du fournisseur d'énergie. Cette quantité est comptabilisée par le fournisseur en fonction d'un horaire Heures Creuses/Heures Pleines basé sur des critères de consommation. Les heures pleines (HP) représentent les heures où la consommation est théoriquement la plus importante et les heures creuses (HC) les heures de plus faible consommation.

Fiabilité de la méthode : la consommation d'électricité donnée par la facture, HC et HP séparément, ne peut être qu'exacte. Il faut néanmoins vérifier que les locaux considérés soient bien tous reliés au compteur relevé.

Pour le bâtiment administratif étudié, le fournisseur d'électricité est Romande Energie. Les horaires sont les suivants :

	HP	HC
Lundi à vendredi :	07h00 – 20h00	20h00 – 07h00
Samedi et dimanche :	10h00 – 13h00 17h00 – 20h00	00h00 – 10h00 13h00 – 17h00 20h00 – 00h00

Dans le cas de bâtiments administratifs cependant, le partage entre HP et HC ne correspond pas au schéma réel de consommation. En effet, la consommation d'électricité dépend avant tout des horaires d'activité de l'entreprise (HA). Pour le bâtiment étudié, nous avons retenus les horaires d'activité et de repos suivants :

	HA	HR
Lundi à vendredi :	07h30 – 18h30	18h30 - 07h30.
Samedi et dimanche :		24h/24h

Afin d'obtenir une courbe de charge facturée la plus proche de la réalité, les puissances HP et HC ont été transformées en puissance HA et HR selon l'horaire mentionné ci-dessus. La méthodologie complète pour cette transformation est expliquée à l'annexe 2 de l'étude.

Nous nous sommes basés sur la facture d'électricité qui couvre la période du 1^{er} novembre 2007 au 31 octobre 2008. La consommation totale est de 22'173 kWh, ce qui correspond à une puissance moyenne de 2.53 kW (tableau 7). Par définition, les puissances HC et HR sont équivalentes, dans notre cas, 1.6 kW. Par contre, avec cette transformation, P_{HP} , qui vaut 3.73 kW, devient P_{HA} qui vaut 4.58 kW, soit une augmentation de plus de 20%. Grâce à cette transformation, P_{HA} facturée (4.58 kW) est très proche de la valeur correspondante obtenue grâce aux mesures (P_{HA} mesurée, 4.44 kW). La figure 3 ci-dessous illustre la transformation de HC/HP à HR/HA pour le bâtiment administratif étudié.

Conso. [kWh/an]	P_M [kW]	P_{HR} [kW]	P_{HA} [kW]	P_P [kW]	P_{HR}/P_M [kW]
22'173	2.53	1.60	4.58	-	0.63

Tableau 7 : Consommation d'électricité facturée annuelle du bâtiment administratif étudié et puissances annuelles facturée : puissance moyenne, heure de repos, heure d'activité et puissance de pointe. Période du 1er novembre 2007 au 31 octobre 2008.

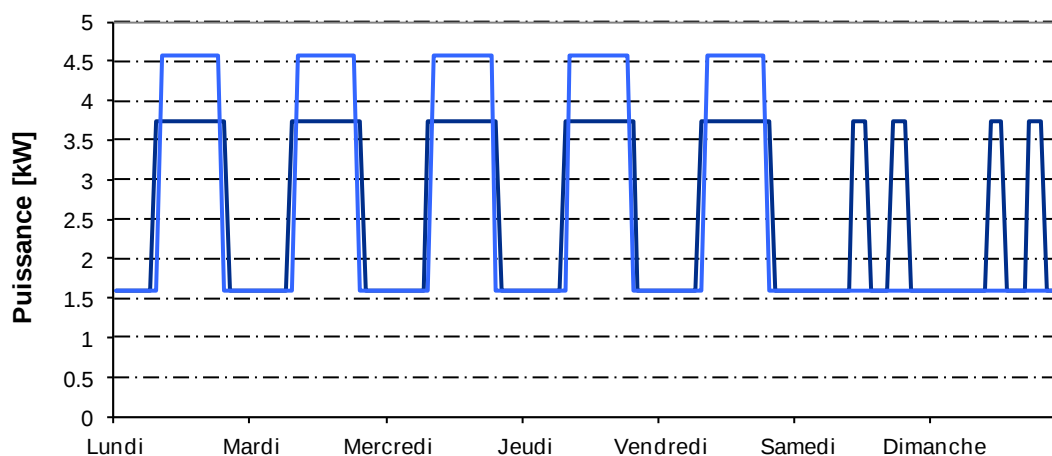


Figure 3: Courbes de charge facturées hebdomadaires. En bleu clair, en fonction de HA/HR, en bleu foncé en fonction de HP/HC.

1.3.3. Analyse des résultats et comparaison des 4 méthodes

Le type de résultats obtenu avec chacune des quatre méthodes est discuté ci-dessous, puis les résultats des 4 méthodes appliquées au bâtiment administratif sont comparés et analysés.

Apport de chaque méthode à la compréhension de la consommation d'électricité

Il existe plusieurs paramètres permettant de comprendre la consommation électrique d'un bâtiment. Certains sont d'ordre technique, du type d'équipement installé, d'autre relèvent du comportement des utilisateurs. Le tableau 8 résume les informations qui peuvent être obtenues par chaque méthode.

Toutes les méthodes permettent d'obtenir les consommations d'électricité, les puissances moyennes et une courbe de charge plus ou moins précise avec les puissances heures de repos et heures d'activité.

La puissance de pointe peut être obtenue par les méthodes théorique, mesurée et, selon le type de consommateur, grâce à la méthode facturée. En revanche, les puissances pour les équipements et l'éclairage ne peuvent être obtenus que les méthodes théorique et calculée. Finalement, seule la méthode mesurée permet d'observer les conséquences sur la courbe de charge du comportement des utilisateurs.

	Théorique CT 2024	Mesuré data-logger	Calculé wattmètre	Facturé
Consommations journalière, hebdomadaire, annuelle [kWh]	Oui	Oui	Oui	Oui
Courbe de charge grossière de la consommation	Non	Non	Oui	Oui
Courbe de charge précise de la consommation	Oui	Oui	Non	Non
P_M	Oui	Oui	Oui	Oui
P_{HR} , P_{HA}	Oui	Oui	Oui	Oui
P_P	Oui	Oui	Non	Oui/Non ¹
$P_{installée\ équipement}$	Oui	Non	Oui	Non
$P_{installée\ éclairage}$	Oui	Non	Oui	Non
Comportement des utilisateurs	Non	Oui	Non	Non

Tableau 8 : Paramètres obtenus par chaque méthode d'analyse. 1°/l'obtention de la puissance de pointe sur la facturation dépend du type d'utilisateur. En général, il s'agit plutôt de gros client.

Comparaison des résultats

La figure ci-dessous présente les courbes de charges hebdomadaire obtenues selon les différentes méthodes (Fig. 4). On constate un certains nombre de similitudes ainsi que des différences :

Les 4 courbes de charges sont similaires avec des valeurs de puissances du même ordre de grandeur. A l'exception de la courbe de charge théorique, les puissances pendant les heures de repos sont quasi identiques.

La courbe de charge mesurée avec le data logger est la plus complexe. C'est également celle qui reflète le mieux la réalité, c'est-à-dire la demande de prestations effectives. Il est par exemple possible de voir qu'il y a avait une ou plusieurs personnes présentes dans les locaux le dimanche 3 août.

La courbe de charge théorique présente une forme proche de la courbe de charge mesurée, bien que les puissances soient plus importantes d'un facteur 1.4 environ. D'autre part, il y a des décalages dans le temps, notamment pour le début des activités et la pauses de midi. Les heures de fonctionnement fixées par le CT 2024 sont sur- ou sous-estimées, les puissances proposées pour l'équipement et l'éclairage au m² sont différentes de la réalité.

La courbe de charge calculée, plus simple que les 2 précédentes, est très proche de la courbe de charge mesurée en ce qui concerne les valeurs des puissances. Considérant que cette courbe est calée sur les mesures, cela est normal.

La courbe de charge établie à partir de la facture d'électricité est la courbe la plus simple d'un point de vue de sa forme. Les heures d'activité et de repos correspondent bien à celle de la courbe de charge mesurée. Les puissances de repos sont très proches, alors que la puissance pendant les heures d'activité représente une valeur moyenne par rapport à ce qui est constaté sur la courbe mesurée.

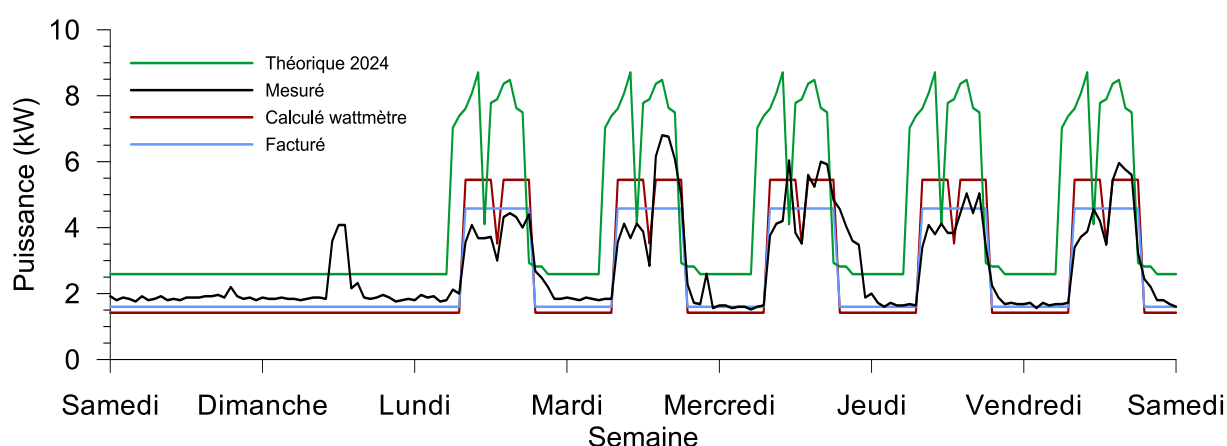


Figure 4: Courbes de charge de la consommation d'électricité du bâtiment administratif étudié obtenues avec les quatre méthodes d'analyse. Semaine du 2 au 9 août 2008.

Les 4 méthodes pour évaluer la consommation d'électricité ne présentent pas la même précision ni les mêmes difficultés de mise en œuvre. Nous présentons ci-dessous quelques points :

La courbe de charge mesurée est la plus précise puisqu'elle reflète la réalité. Se pose cependant la question de savoir si la période de mesure est typique ou s'il s'agit d'un cas particulier. Il est à noter également que la méthode nécessite du temps et des ressources et qu'elle peut devenir relativement compliquée pour des bâtiments complexes ou de grande taille qui ont plusieurs compteurs.

La courbe de charge théorique, comme nous l'avons vu précédemment est la plus éloignée de la courbe mesurée. Dans notre cas, les puissances sont trop élevées. D'autres études systématiques¹ montrent également que les différences entre les mesures et les valeurs théoriques sont fréquentes et peuvent être importantes. Les valeurs théoriques peuvent être plus grandes ou plus basses que les valeurs réelles. L'établissement d'une courbe de charge théorique nécessite beaucoup d'informations sur le bâtiment et peut prendre du temps, selon la taille et la complexité du bâtiment et de ses installations techniques.

La courbe de charge calculée est assez proche de la courbe de charge mesurée. Cependant sa précision dépend de la mesure systématique des appareils installés, des puissances d'éclairage et de l'évaluation des temps d'utilisation. De plus, dans l'exemple présenté, nous avons pu caler cette courbe sur la courbe de puissance mesurée. C'est une méthode qui nécessite du temps et une bonne connaissance du bâtiment. Il est difficilement envisageable de l'appliquer sur un grand bâtiment.

¹ Energieverbrauch von Bürogebäuden und Grossverteilern, OFEN, Sorane SA, Basler & Hofmann Ingenieure und Planer SA, 2009.

La courbe de charge facturée est la courbe la plus simplifiée des 4. Cependant, elle est basée sur des consommations réelles et les informations nécessaires, les factures d'électricité, sont simples à obtenir. D'autre part, lorsque les horaires des occupants sont prévisibles, il est possible d'adapter les puissances en fonction des horaires d'activité.

En comparant la typologie du bâtiment administratif obtenu avec les 4 méthodes (figure 5), nous pouvons observer les points suivants :

Les 4 typologies sont de type standard, avec des amplitudes différentes. Le type standard le moins marqué est obtenu par la méthode théorique, P_{HR}/P_M valant 0.77. Le plus marqué est obtenu avec la méthode mesurée, avec P_{HR}/P_M valant 0.53. Il s'agit dans tous les cas d'une valeur relativement élevée qui s'explique par le fonctionnement en permanence du serveur informatique.

La puissance HA est 2 à 4 fois plus importante que la puissance demandée HR. Par contre, P_{pointe} et P_{HT} ne sont pas significativement différentes. Cela signifie que pendant les heures de travail, le taux d'utilisation de l'équipement ainsi que l'éclairage sont élevés et constants.

Dans notre exemple, les consommations annuelles obtenues sont similaires et proche de la réalité, c'est-à-dire de la consommation facturée, à l'exception de la consommation théorique qui est de 37% plus élevée.

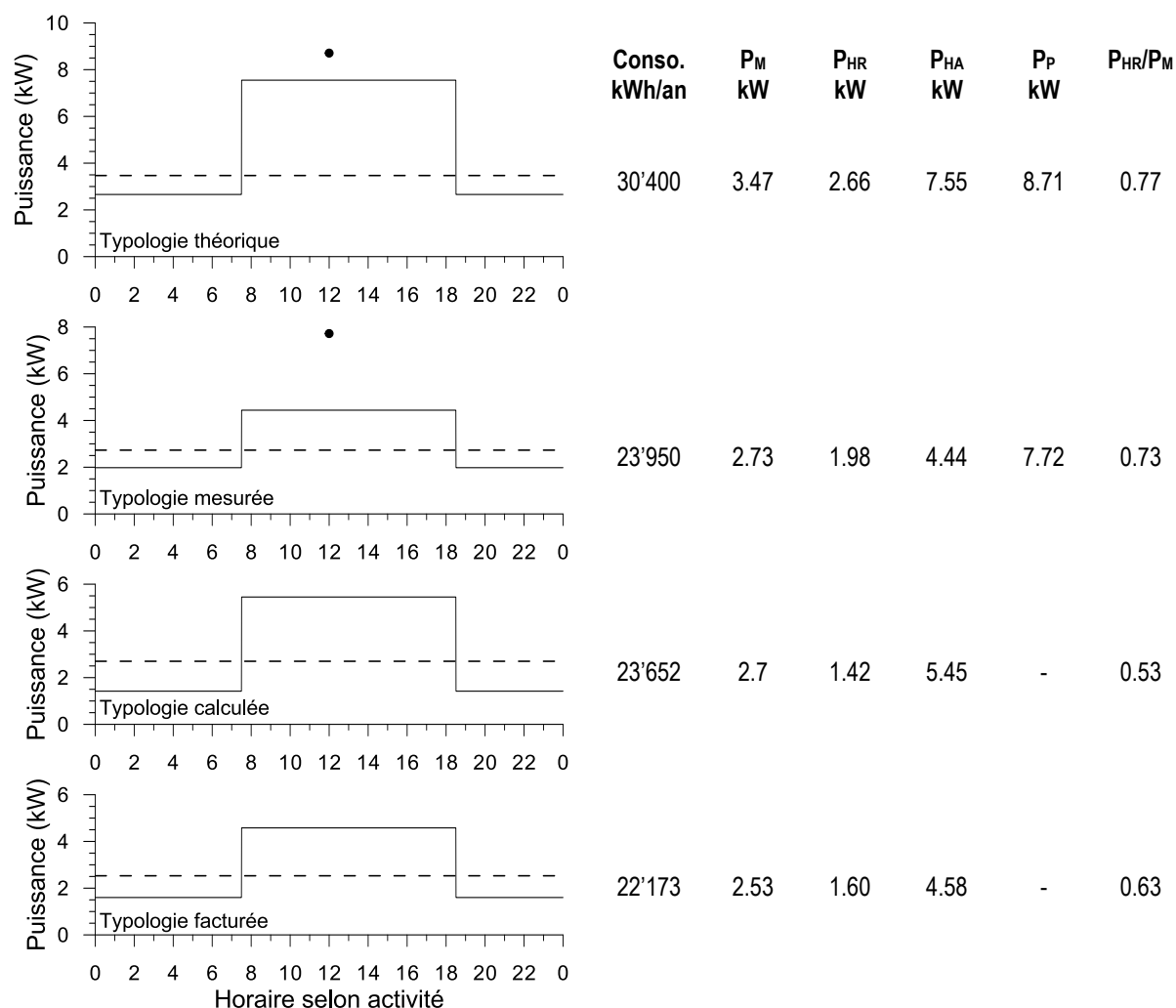


Figure 5: Typologie du bâtiment administratif étudié en fonction des 4 méthodes d'analyse. Puissances selon les méthodes : P_M , P_{HR} , P_{HA} , P_P et rapport des puissances P_{HR}/P_M .

1.3.4. Conclusion

Nous avons examiné quatre méthodes de mesure pour décrire la consommation d'électricité d'un bâtiment : théorique partir du cahier technique SIA 2024, mesurée à l'aide d'un data logger, calculée avec les puissances effectivement installée et établie sur la base des données de facturation. Les grandeurs obtenues par ces méthodes sont la consommation d'électricité annuelle totale [kWh], la courbe de charge [kW], les puissances moyennes, heures de repos et heures d'activité [kW], ainsi que la puissance de pointe [kW]. Ces valeurs permettent de décrire et de comprendre la consommation d'électricité.

Nous avons appliqué ces 4 méthodes pour l'étude d'un petit bâtiment administratif, ce qui a permis de mettre en évidence les différences de résultats obtenus, les avantages des méthodes et les difficultés de mise en œuvre. Trois des méthodes ont abouti à des résultats très similaires en terme de valeurs. Dans notre cas, la méthode théorique donne des valeurs de puissance et de consommation clairement surévaluées.

Cependant, il est à noter qu'aucune de ces méthodes ne permet de vérifier que la marche des installations a été bien optimisée, c'est-à-dire adaptée le plus étroitement possible aux besoins réels des utilisateurs, à leur présence effective et à leurs sollicitations.

Il ne sert pas à grand chose de rechercher la méthode de mesure la plus exacte possible, si l'on n'examine pas avec autant de soin, l'amplitude et la durée des prestations sollicitées par les utilisateurs. Il s'agit donc de définir une démarche harmonieuse, où les données concernant la consommation atteignent un degré de précision similaire aux prestations sollicitées. A priori, il n'y a pas beaucoup plus d'informations dans une courbe que dans une autre, alors, si les données concernant les prestations sont peu précises, autant prendre celle qui est la moins coûteuse et la plus aisée à obtenir, à savoir la courbe de charge établie à partir des données de facturation.

D'autre part, selon le type de bâtiment étudié, il sera judicieux de déterminer des indicateurs correspondant mieux à la prestation demandée : nombre de postes de travail, horaires de travail, temps de présence effectif, kg de linge lavé, nombre de nuitées, nombre de chambres occupées, nombre de repas servis, salles de classes et horaires effectifs d'occupation, etc...

2. ANNEXE 2

Importance de la structure tarifaire des fournisseurs d'électricité

Méthodologie pour passer aux heures d'activités – heures de repos

Dans le cadre de l'étude, notre objectif est de mettre au point une méthode d'analyse qualitative à semi-quantitative de la consommation d'électricité d'un bâtiment sur la base des informations qui figurent sur la facture d'électricité. Cette méthode est basée notamment sur la répartition de la consommation entre les heures creuses (HC) et les heures pleines (HP).

Les horaires de tarification HC-HP des fournisseurs électriques dépendent principalement de la demande en électricité. La demande la plus importante est en semaine, pendant les heures de travail, et le week-end, aux heures des repas. Bien que les horaires d'activité des entreprises soient similaires, il y a des différences parfois importantes entre la durée des heures pleines et de heures creuses journalières utilisées par les fournisseurs pour la tarification. Ceci est particulièrement marqué dans le Canton de Vaud, avec 17 fournisseurs qui couvrent un territoire somme toute important. L'analyse de la consommation d'électricité d'un bâtiment par la détermination des puissances moyennes appelées en HP et HC risque donc d'aboutir à des conclusions différentes selon le fournisseur (voir figures 1 et 3).

Sur Genève, qui est un canton ville, il n'y a qu'un seul fournisseur. Par contre, un changement des horaires de tarifications en septembre 2004 et au 1^{er} janvier 2007 aboutit au même genre de problématique que pour un territoire qui a plusieurs fournisseurs (voir figures 2 et 3).

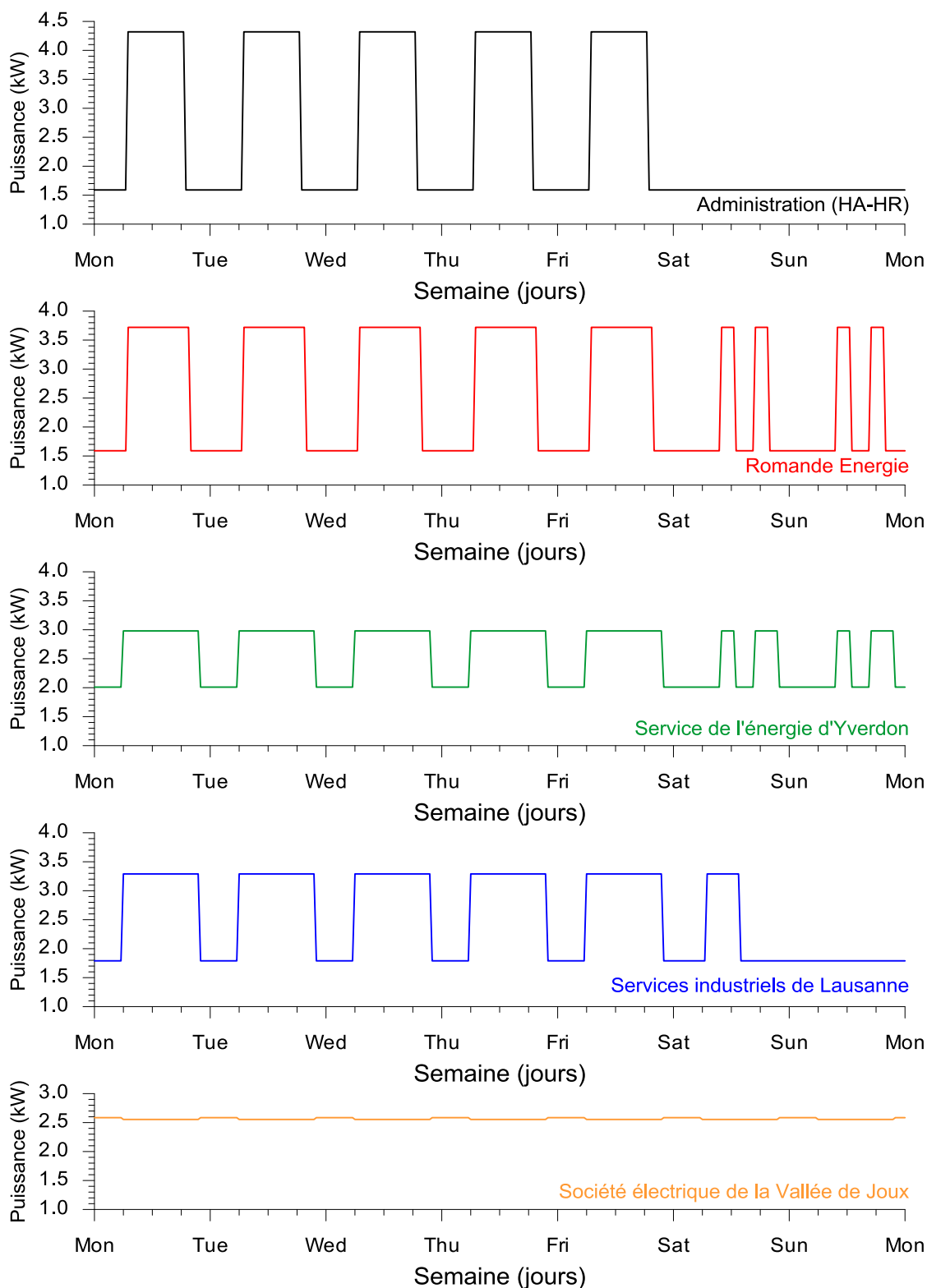


Figure 1 : Comparaison de la consommation d'électricité d'un bâtiment administratif selon les horaires de tarification heures creuses-heures pleines de plusieurs fournisseurs d'électricité sur le territoire du Canton de Vaud. Le rapport des puissances PHC/PHP est différent selon le fournisseur.

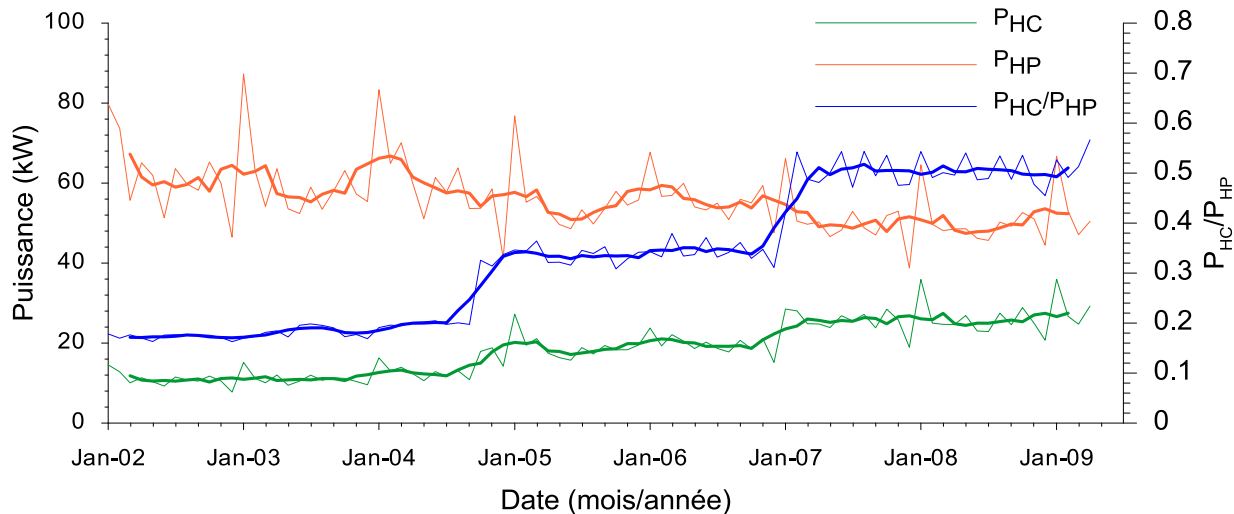
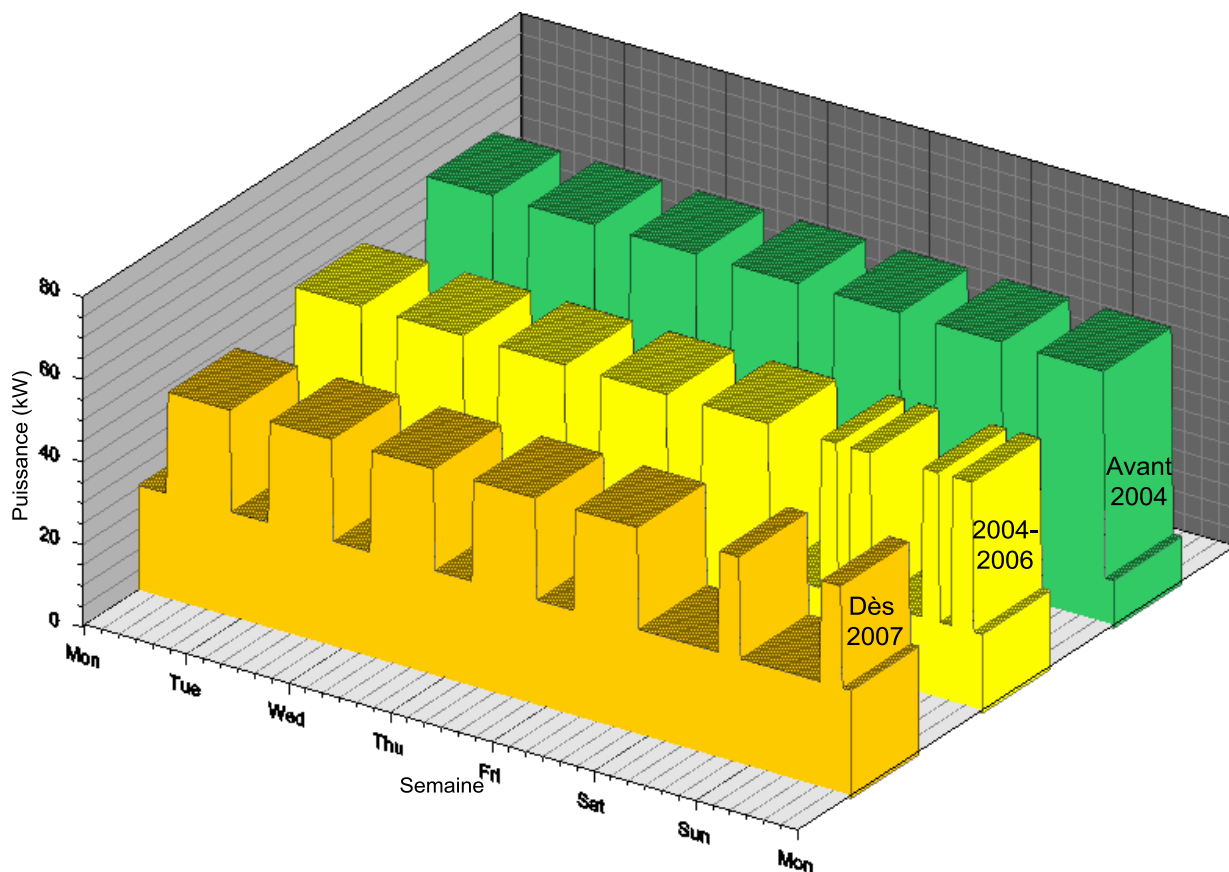


Figure 2 : Puissances HC et HP d'un EMS dans le Canton de Genève. La consommation d'électricité annuelle est pratiquement constante sur cette période.

A : en fonction de l'horaire de tarification HC-HP hebdomadaire des SIG. En vert, tarif jusqu'en septembre 2004, en jaune, septembre 2004 à fin 2006 et en orange à partir de 2007.

Par rapport à la période avant 2004, le tarif 2004-2006 a davantage d'heures creuses et le tarif à partir de 2007 en a encore plus. En conséquence, les heures creuses mordent sur les heures pleines. La puissance moyenne PHC augmente, ainsi que le ratio PHC/PHP.

B : profils des puissances HC, HP et du rapport PHC/PHP sur la période 2002-2009.

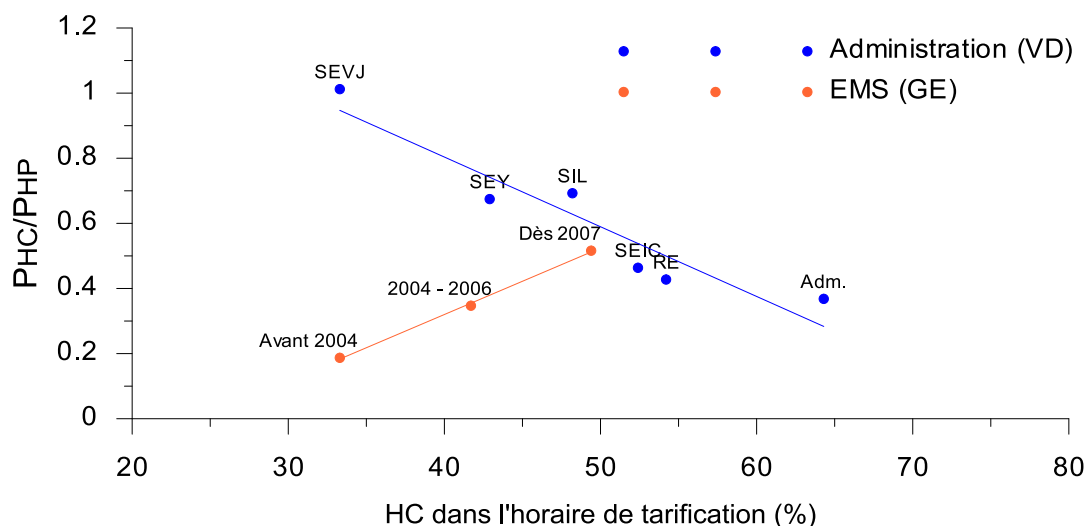


Figure 3 : Rapport des puissances PHC/PHP en fonction du pourcentage des heures creuses dans l'horaire de tarification. En bleu, exemple d'un bâtiment administratif dans le Canton de Vaud en fonction de différents fournisseurs. En orange, exemple de la consommation d'un EMS dans le Canton de Genève en fonction des variations d'horaire de tarification du fournisseur d'électricité, les SIG. Dans les 2 exemples, le profil de la consommation d'électricité est constant.

Notre premier objectif est donc de s'affranchir des particularités des différents fournisseurs et des variations dans le temps pour que la méthode d'analyse mise au point soit « universelle » et qu'il ne faille pas publier des valeurs limites pour chaque fournisseur, ni les mettre à jour à chaque changement des horaires de tarification.

Il s'agit donc de passer des heures creuses et des heures pleines selon les fournisseurs à des horaires qui correspondent aux activités dans le bâtiment étudié. Il est alors possible de définir des heures d'activité (HA) et des heures de repos (HR), avec des puissances électriques correspondantes (P_{HA} et P_{HR} respectivement) (voir figures 4 et 5). Pour les différentes catégories de bâtiments étudiées dans la présente étude, il est possible de définir les horaires standardisés suivants :

Administration	Activité	7h00 – 19h00	en semaine	60h/semaine
	Repos	19h00 – 7h00	en semaine les week-end	108 h/semaine
Ecoles	Activité	7h00 – 18h00	en semaine, 40 semaines/an	2200h/an
	Repos	18h00 – 7h00	en semaine les week-end	
			les périodes de vacances	6560h/an
Hôtels	Activité	6h00 – 23h00	tous les jours	119h/semaine
	Repos	23h00 – 6h00	tous les jours	49h/semaine
EMS	Activité	6h00 – 22h00	tous les jours	112h/semaine
	Repos	22h00 – 6h00	tous les jours	56h/semaine

Glossaire

HC Heures creuses, horaires pendant lesquels le tarif de l'électricité est bas. Globalement, correspond aux périodes de minimum de demande sur l'ensemble du réseau électrique.

kWh_{HC} Consommation annuelle d'électricité du bâtiment pendant les heures creuses

P_{HC} Puissance moyenne pendant les heures creuses :

$$P_{HC} = \frac{kWh_{HC}}{\text{heures annuelles HC}}$$

HP Heures pleines, horaires pendant lesquels le tarif de l'électricité est élevé. Globalement, correspond aux périodes de demande maximale sur l'ensemble du réseau électrique.

kWh_{HP} Consommation annuelle d'électricité du bâtiment pendant les heures pleines

P_{HP} Puissance moyenne pendant les heures pleines :

$$P_{HP} = \frac{kWh_{HP}}{\text{heures annuelles HP}}$$

HR Heures de repos, horaire pendant lequel le bâtiment est peu ou pas utilisé. Les heures de repos correspondent aux périodes de faible consommation du bâtiment.

kWh_{HR} Consommation annuelle d'électricité du bâtiment pendant les heures de repos

P_{HR} Puissance moyenne pendant les heures de repos :

$$P_{HR} = \frac{kWh_{HR}}{\text{heures annuelles HR}}$$

HA Heures d'activité, horaire pendant lequel le bâtiment est utilisé et présente une certaine activité. Correspond aux périodes de consommation élevée du bâtiment.

kWh_{HA} Consommation annuelle d'électricité du bâtiment pendant les heures d'activité

P_{HA} Puissance moyenne pendant les heures d'activité :

$$P_{HA} = \frac{kWh_{HA}}{\text{heures annuelles HA}}$$

Il y a donc principalement deux types de profil pour les catégories de bâtiments étudiées :

- Les bâtiments qui ont une activité uniquement en journée la semaine et une période de repos qui correspond aux soirées, les nuits et les week-ends. Toutes les heures creuses correspondent à des heures de repos. Par conséquent P_{HC} est égale à P_{HR} . Exemples : administrations et écoles.
- Les bâtiments qui ont une période d'activité identique tous les jours de la semaine, en journée et qui s'étend en soirée, et dont la période de repos correspond aux nuits. Toutes les heures pleines correspondent à des heures d'activités. Par conséquent P_{HP} est égale à P_{HA} . Exemples : hôtels et EMS.
- Il n'est pas possible de définir un profil type de consommation pour les immeubles locatifs.

Le passage des heures creuses et heures pleines aux heures d'activité et de repos se fait au moyen d'une opération mathématique relativement simple qui demande de connaître les horaires du fournisseur d'électricité pour la période étudiée et les horaires du bâtiment. Cela nécessite également qu'au minimum toutes les heures creuses correspondent à des heures de repos (par exemple administration) ou que toutes les heures pleines correspondent à des heures d'activités, pour qu'il n'y ait qu'une seule inconnue dans notre système d'équation, P_{HA} ou P_{HR} respectivement.

Démonstration pour les bâtiments administratifs (voir figure 4)

La consommation d'électricité des bâtiments administratifs dépend principalement en journée, du lundi au vendredi, de l'utilisation des appareils de bureautique, ordinateurs, imprimantes et fax, et des besoins en lumières. La consommation électrique pour les serveurs et les installations techniques, chauffage, ventilation et climatisation, représente un ruban de consommation qui est plus important la journée. Les appareils en veille peuvent également représenter une consommation non négligeable pendant la période de repos.

Environ 80% des bâtiments administratifs correspondent à ce cas de figure, avec ces horaires. Les bâtiments qui ont des grands centres de calcul, comme certaines banques, sont des cas particuliers qui ne peuvent pas être traité de cette manière.

HP_{hebd} nombre hebdomadaire d'heures qui sont en heures pleines, selon le fournisseur

HA_{hebd} nombre hebdomadaire d'heures qui sont en heure d'activité, selon le bâtiment

HR_{hebdHP} nombre hebdomadaire d'heures qui correspondent à du repos pendant les heures pleines du fournisseur (1).

$$HR_{hebdHP} = HP_{hebd} - HA_{hebd} \quad (1)$$

Le total des heures de repos hebdomadaire (HR_{hebd}) est égal à $HR_{hebdHP} + HC_{hebd}$

Dans un bâtiment administratif, toutes les heures creuses correspondent à des heures de repos (2) : il n'y a normalement pas d'activité dans le bâtiment en soirée, la nuit ou les week-ends :

$$P_{HR} = P_{HC} \quad (2)$$

D'autre part, la consommation hebdomadaire pendant la période HP correspond à la somme de la consommation hebdomadaire d'électricité pendant les heures d'activités et de la consommation d'électricité pendant les heures de repos qui correspondent à des heures pleines du fournisseur (HR_{hebdHP}) (3).

$$HP_{hebd} \cdot P_{HP} = HA_{hebd} \cdot P_{HA} + HR_{hebdHP} \cdot P_{HR} \quad (3)$$

En substituant (1) et (2) dans l'équation (3), on obtient la puissance pendant les heures d'activités en fonction des puissances heures creuses et heures pleines et du nombre hebdomadaire d'heures pleines et d'heures d'activités (4).

$$P_{HA} = \frac{HP_{hebd} \cdot P_{HP} - (HP_{hebd} - HA_{hebd}) \cdot P_{HC}}{HA_{hebd}} \quad (4)$$

Il s'agit de paramètres qu'il est facile d'obtenir et, par conséquent, il devient aisé de systématiser ce traitement pour l'ensemble des bâtiments administratifs qui ont des horaires standards.

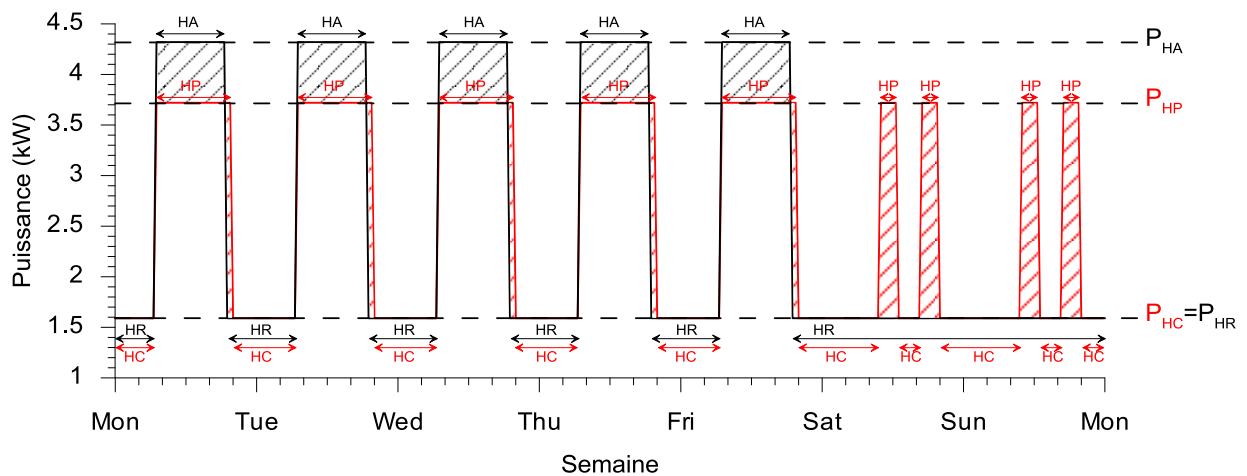


Figure 4 : Profil de puissance HC-HP selon l'horaire de tarification du fournisseur d'électricité (en rouge) et profil HA-HR selon les périodes d'activité d'un bâtiment administratif (en noir). La transformation mathématique présentée permet de passer de l'un à l'autre en reportant la consommation des périodes de repos qui correspondent à des heures pleines (zones hachurées en rouge) en consommation d'électricité pendant les périodes d'activités (zones hachurées en noir). La puissance pendant les heures de repos, P_{HR} , correspond à la puissance pendant les heures creuses, P_{HC} . Cette valeur est constante. La puissance pendant les heures d'activité, P_{HA} , est plus grande que la puissance pendant les heures pleines, P_{HP} . Exemple d'un bâtiment administratif.

Démonstration pour les écoles

Les écoles considérées dans le cadre de cette étude sont les bâtiments avec des classes de cours uniquement. Les bâtiments avec des salles de gym, polyvalentes, de réunion ou de spectacles ne sont pas compris dans ce cadre (ils correspondent à des catégories de bâtiments différents selon SIA).

La consommation d'électricité des bâtiments scolaires dépend principalement des activités de jour, pendant les périodes de classes. La période de repos correspond aux soirées, la nuit, les week-ends et les périodes de vacances. La consommation électrique pour les installations techniques, chauffage et éventuellement ventilation, représente un ruban de consommation qui est plus important la journée. La consommation en veille des appareils électrique pendant la période de repos devrait être négligeable. En général, il n'y a pas de centre serveur ou de climatisation dans les bâtiments scolaires.

A cause de la période des vacances, qui représente environ 12 semaines, il est nécessaire de généraliser la méthode de calcul de P_{HA} sur l'année plutôt que sur une base hebdomadaire. Lorsque des factures mensuelles sont disponibles, il est également possible de travailler sur une base mensuelle pour diminuer les facteurs d'imprécisions.

HP_{an} nombre annuel d'heures qui sont en heures pleines, selon le fournisseur

HA_{an} nombre annuel d'heures qui sont en heure d'activité, selon le bâtiment

HR_{anHP} nombre hebdomadaire d'heures qui correspondent à du repos pendant les heures pleines du fournisseur (5).

$$HR_{anHP} = HP_{an} - HA_{an} \quad (5)$$

Dans un bâtiment scolaire avec des cours, toutes les heures creuses correspondent à des heures de repos (6) : il n'y a normalement pas d'activité dans le bâtiment en soirée, la nuit ou les week-ends (les périodes de vacances représentent un cas particuliers)

$$P_{HR} = P_{HC} \quad (6)$$

D'autre part, la consommation hebdomadaire pendant la période HP correspond à la somme de la consommation hebdomadaire d'électricité pendant les heures d'activités et de la consommation d'électricité pendant certaines heures de repos (HR_{anHP})(7).

$$HP_{an} \cdot P_{HP} = HA_{an} \cdot P_{HA} + HR_{anHP} \cdot P_{HR} \quad (7)$$

En substituant (5) et (6) dans l'équation (7), on obtient la puissance pendant les heures d'activités en fonction des puissances heures creuses et heures pleines et du nombre annuel d'heures pleines et d'heures d'activités (8).

$$P_{HA} = \frac{HP_{an} \cdot P_{HP} - (HP_{an} - HA_{an}) \cdot P_{HC}}{HA_{an}} \quad (8)$$

Démonstration pour les hôtels et les EMS (voir figure 5)

Les EMS et les hôtels présentent une configuration similaire. La seule différence étant que les horaires d'activités des EMS sont plus réduits à cause des habitudes des résidents qui se couchent plus tôt et des repas qui sont pris à heure fixe et en commun.

La période d'activité commence le matin vers 6h00 avec le réveil des résidents et la préparation en cuisines du déjeuner. L'activité est plus ou moins continue tout au long de la journée avec des pics pour les préparations des repas. Cette période se termine au moment où les résidents se mettent au lit. La période d'activité est identique pour tous les jours de la semaine, y compris le week-end. La période de repos correspond aux nuits, lorsque les résidents sont couchés.

HC_{hebd} nombre hebdomadaire d'heures qui sont en heures creuses, selon le fournisseur

HR_{hebd} nombre hebdomadaire d'heures qui sont en heure de repos, selon le bâtiment

HA_{hebdHC} nombre hebdomadaire d'heures qui correspondent à des activités pendant les heures creuses du fournisseur (9).

$$HA_{hebdHC} = HC_{hebd} - HR_{hebd} \quad (9)$$

Dans un hôtel ou un EMS, toutes les heures pleines correspondent à des heures d'activités : il n'y a normalement pas de période de repos en journée la semaine ni en fin de semaine (10) :

$$P_{HA} = P_{HP} \quad (10)$$

D'autre part, la consommation hebdomadaire pendant la période HC correspond à la somme de la consommation hebdomadaire d'électricité pendant les heures de repos et de la consommation d'électricité pendant quelques heures d'activités (HA_{hebdHC})(11).

$$HC_{hebd} \cdot P_{HC} = HR_{hebd} \cdot P_{HR} + HA_{hebdHC} \cdot P_{HA} \quad (11)$$

En substituant (9) et (10) dans l'équation (11), on obtient la puissance pendant les heures de repos en fonction des puissances heures creuses et heures pleines et du nombre hebdomadaire d'heures creuses et d'heures de repos (12).

$$P_{HR} = \frac{HC_{hebd} \cdot P_{HC} - (HC_{hebd} - HR_{hebd}) \cdot P_{HP}}{HR_{hebd}} \quad (12)$$

Comme pour les bâtiments administratifs, il s'agit de paramètres qu'il est facile d'obtenir. D'autre part, les horaires des hôtels et des EMS peuvent être standardisés.

La figure 2, qui illustre les puissances heures creuses et heures pleines en fonction de trois horaires de tarification entre 2002 et 2008 pour un EMS dans le Canton de Genève, montre bien que la structure tarifaire non différenciée entre les jours de la semaine et les jours de week-end (avant septembre 2004) aboutit à un rapport des puissances P_{HC}/P_{HP} qui semble plus proche de la réalité en fonction de l'intensité des périodes d'activités et de repos.

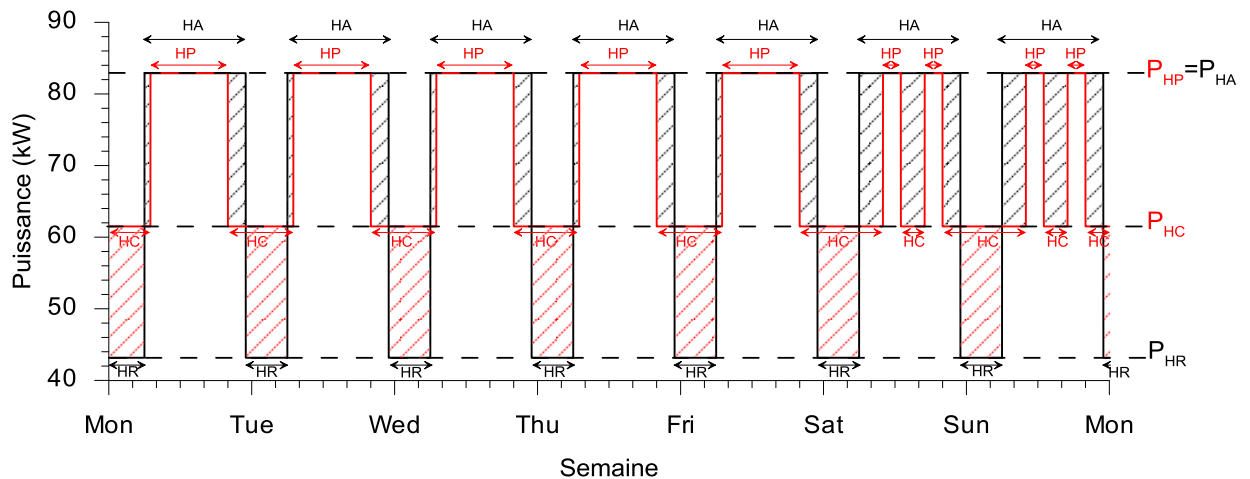


Figure 5 : Profil de puissance HC-HP selon l'horaire de tarification du fournisseur d'électricité (en rouge) et profil HA-HR selon les périodes d'activité d'un hôtel (en noir). La transformation mathématique présentée permet de passer de l'un à l'autre en reportant la consommation des heures creuses qui correspondent à des périodes de repos (zones hachurées en rouge) en consommation d'électricité pour les périodes d'activités pendant les HC (zones hachurées en noir). La puissance des heures d'activité PHA correspond à la puissance pendant les heures pleines PHP. Cette valeur est constante. La puissance pendant les heures de repos, PHR, est plus petite que la puissance pendant les heures creuses PHC. Exemple d'un hôtel 4 étoiles.

Conclusion

Nous avons montré que les horaires de tarification des fournisseurs d'électricité ne correspondaient pas forcément à la réalité des activités dans les bâtiments. D'autre part, la diversité des fournisseurs potentiels sur un territoire donné ou les adaptations des horaires de tarification déforment les analyses qu'il est possible de faire à partir des informations figurant sur une facture d'électricité.

Par conséquent, il est important de s'affranchir des horaires de tarifications des fournisseurs en heures creuses et en heures pleines pour passer en heures d'activité et en heure de repos. En effet, les bâtiments qui abritent la même activité ont des horaires très proches, indépendamment de l'endroit où ils se trouvent.

Nous avons montré qu'il est possible de passer des HC-HP aux heures d'activité (HA) et de repos (HR) par un traitement mathématique simple qui demande des informations supplémentaires faciles à obtenir. Les horaires d'activité/repos des bâtiments peuvent être pris de façon standardisée ou être précisés avec les horaires réels du bâtiment.

3. ANNEXE 3

Glossaire

Fournisseurs d'électricité	Entreprise qui vend de l'électricité à des tiers.
Horaire des fournisseurs	Horaire de tarification des HC et des HP selon le fournisseur. Ces horaires sont différents d'un fournisseur à l'autre, mais ils ont tendance à s'homogénéiser.
HC	Heures creuses selon l'horaire du fournisseur d'électricité pendant lesquelles le kWh d'électricité est moins cher. Globalement, correspond aux périodes de minimum de demande sur l'ensemble du réseau électrique, soit nuit et certaines périodes du week-end.
HP	Heures pleines selon le fournisseur d'électricité pendant lesquelles le kWh d'électricité est vendu le plus cher. Globalement, correspond aux périodes de demande maximale sur l'ensemble du réseau électrique, soit la journée des jours ouvrables et certaines périodes du week-end (heures des repas).
Horaire d'activité du bâtiment	Horaire de travail de l'ensemble des collaborateurs ou période durant lesquelles les prestations sont principalement fournies. Détermine les périodes d'activité (HA) et les périodes de repos (HR).
HA	Heures d'activité, horaire pendant lequel le bâtiment est utilisé et présente une certaine activité. Correspond aux périodes de consommation élevée du bâtiment.
HR	Heures de repos, horaire pendant lequel le bâtiment est peu ou pas utilisé. Les heures de repos correspondent aux périodes de faible consommation du bâtiment.
P_M	Puissance moyenne annuelle.
P_{HC}	Puissance moyenne durant les heures creuses.
P_{HP}	Puissance moyenne durant les heures pleines.
P_P	Puissance de pointe maximum sur l'année.
P_{HA}	Puissance moyenne durant les heures d'activité.
P_{HR}	Puissance moyenne durant les heures de repos.
Profil typologique	Profil de puissance en fonction de l'horaire d'activité du bâtiment (P_{HA} , P_{HR} , P_M et P_P). On distingue 3 types de profil principaux : standard, en bande et inversé.
Indicateurs statiques et variables	Grandeurs de référence permettant de déterminer des grandeurs spécifiques (par exemple le nombre de chambres d'un hôtel permettant de déterminer une puissance/chambre). Les indicateurs statiques sont souvent liés au bâtiment lui-même et ne sont pas susceptibles de varier dans le temps sans modification notable du bâtiment (nombre de chambres d'un hôtel, nombre de classes d'une école, nombre de place de travail d'un bâtiment administratif, etc.). Les indicateurs variables sont liés aux prestations réalisées dans le

	bâtiment, par exemple le nombre de chambres occupées dans un hôtel ou les quantités produites pour l'industrie.
Grandeurs spécifiques	Résultat du quotient d'une consommation ou d'une puissance par un indicateur.
Signature électrique	Correspond au graphique de la consommation d'électricité en fonction de l'activité du bâtiment sur la période considérée, par exemple le mois. L'abscisse représente l'activité du bâtiment sur la période considérée, par exemple le taux d'occupation ou tout autre indicateur variable. L'ordonnée correspond à la consommation d'électricité, ou la puissance moyenne, sur la période considérée. Afin de permettre la comparaison entre des bâtiments similaires, la signature électrique peut être normalisée en divisant l'ensemble des valeurs par un indicateur statique, par exemple le nombre de chambre pour les hôtels.
Energie de Disponibilité	Correspond à la consommation d'électricité, ou la puissance, nécessaire pour que le bâtiment, vide ou sans activité, soit prêt à fournir les prestations demandées. En kWh ou kW/période*indicateur statique. Valeur de l'ordonnée à l'abscisse de la signature électrique.
Energie fonction de l'activité	Correspond à la consommation d'électricité, ou la puissance, supplémentaire pour chaque unité de prestation ou de production. Cette valeur correspond à la pente de la signature électrique.
Classe de technicité	Catégorie déterminée dans le cadre de la signature électrique qui dépend de l'étendue des services offerts par le bâtiment.

Terminologie spécifique pour les hôtels

Catégorie d'hôtel (étoiles)	Correspond à la catégorie de confort officielle de l'hôtel, généralement illustrée par des étoiles.
Chambre ou chambre disponible	Nombre de chambres que l'hôtel offre. Indicateur statique
Chambre occupée	Une chambre occupée correspond à une chambre disponible occupée pendant 1 nuit. Contrairement à la nuitée, elle ne prend pas en compte le nombre de personnes séjournant dans la chambre.
Chambre occupée moyenne $Ch_{occ. m}$	Correspond au nombre de chambres occupées moyen par jour (= nombre de chambre occupées annuel/365 jours).
Services offerts par l'hôtel	Correspond aux différents services offerts par l'hôtel et qui détermine sa classe de technicité : restaurants, bar, buanderie, spa, sauna, piscine couverte, présence de climatisation, salles de séminaires...

4. Annexe 4

Marche à suivre pour l'application de la méthode à un hôtel

La démarche décrite dans le chapitre 3 peut s'appliquer à tout type de bâtiment d'une activité donnée. A partir des données de consommation et des indicateurs collectés propres à chaque activité, nous disposons d'une méthodologie permettant d'analyser et de comprendre le comportement de la consommation en fonction des paramètres influents de chaque type d'activité. Les étapes pour y parvenir peuvent être résumées comme suit :

- a. Comparaison de la puissance moyenne par indicateur $P_M/\text{indicateur}$ à la valeur moyenne ou la valeur benchmark de l'activité
- b. Etablir une signature électrique de l'établissement et comparer les valeurs avec les plages déterminées de l'activité
- c. Selon les résultats obtenus, procéder à une analyse typologique de la consommation

Pour appliquer ces étapes, la marche à suivre peut être appliquée de la manière suivante :

Etape a :

- Pour une activité donnée, il est d'abord nécessaire de reporter les consommations totales mensuelles ($= E_{HP} + E_{HC}$) en kWh, ainsi que l'indicateur reflétant l'activité par mois, pour une période d'une année. Dans le cas des hôtels, il s'agit du nombre des chambres occupées par mois.
- Calculer ensuite la valeur $P_M(\text{kW})$, en divisant la consommation totale ($E_{HP} + E_{HC}$), par le nombre de jours de relevés (indiqués sur la facture) et par 24h afin d'obtenir une puissance moyenne (kW).
- Ensuite calculer la moyenne annuelle du ratio $P_M(\text{kW}) / \text{chambre}$.
- Afin de pouvoir comparer les résultats avec les valeurs moyennes et les valeurs du benchmark des autres hôtels, il est d'abord nécessaire de déterminer la classe de technicité de l'établissement. Pour se faire, il faut se référer aux critères de classement énumérés à la page 49 du rapport.
- Comparer ensuite le résultat avec la valeur moyenne et la valeur BM de l'activité. Dans le cas des hôtels, se référer aux valeurs de la figure 24 du document, par classe de technicité. Le résultat exprime l'énergie moyenne de l'établissement ramenée à la notion de puissance par chambre.
- La comparaison permet de vérifier si l'hôtel se trouve bel et bien dans la marge de sa classe de technicité par rapport aux autres hôtels. La puissance moyenne par chambre ainsi exprimée, donne une indication de la puissance utilisée par les installations et équipements dans l'établissement, répartie par chambre.
- Le résultat peut aussi indiquer un potentiel d'économies, très approximatif, par rapport à la valeur du benchmark ou la valeur moyenne des hôtels $P_M(\text{kW}) / \text{chambre}$. Pour cela, une marche inverse consiste à calculer l'écart entre la valeur de l'établissement et celle du BM ; de multiplier ΔP_M par le nombre de chambres de l'établissement, de multiplier la valeur ainsi trouvée par $365j \times 24h$.

Etape b :

Cette étape consiste à déterminer l'énergie de mise à disposition et l'énergie variable liée à l'activité pour un établissement. Autrement dit, à déterminer la signature électrique d'un établissement. Pour le faire :

- Déterminer le taux d'occupation (en %) pour l'établissement pour les 12 mois de l'année = $(\text{Nb de chambres occupées par mois} / \text{nombre de jours du mois} / \text{nb. de chambres}) \times 100$.
- Reporter sur une feuille Excel les consommations mensuelles totales ($= E_{HP} + E_{HC}$) en kWh/ chambre en adéquation avec le taux d'occupation
- Considérer les 2 valeurs de la consommation/chambre (kWh/CH) correspondant aux taux d'occupation min et max de l'année ou la régression linéaire pour les 12 mois de l'année.
- Sur un graphique, reporter le taux d'occupation (min, max) en abscisse et les consommations correspondantes en ordonnée, tirer une droite reliant ces 2 points ou prendre la droite de régression linéaire et qui l'ordonnée au taux d'occupation 0.
- La droite coupe l'ordonnée au taux d'occupation 0, en un point qui correspond à l'énergie de mise à disposition de l'hôtel par chambre (kWh/ ch) qu'il faut comparer avec le tableau de la Fig 33.
- Pour analyser les valeurs trouvées, il faut d'abord vérifier si les valeurs résultantes correspondent à la classe de technicité de l'établissement.
- En deuxième lieu, déterminer l'énergie variable correspondant à l'occupation des chambres (voir Fig 27). A nouveau, comparer le résultat avec les valeurs du tableau de la Fig 33.
- Une fois que l'énergie de disponibilité et l'énergie correspondant à l'occupation des chambres ont été déterminées, il sera nécessaire d'apporter une réflexion sur l'inclinaison de la pente de la droite dessinée.
 - Si la pente est importante avec une énergie de disponibilité correspondant à la classe de technicité de l'hôtel, cela indique que la consommation d'électricité est en adéquation avec l'activité.
 - Si à l'inverse, la pente est plutôt faible ou presque horizontale, il faudrait se poser la question sur la gestion des équipements et voir dans quelle mesure les consignes de fonctionnement des installations ne devraient pas être modifiées. Cela est particulièrement le cas pour les groupes de ventilation, de climatisation et de l'utilisation de la cuisine. D'autres installations peuvent également être en cause, comme le type d'éclairage ou éventuellement le centre wellness avec jacuzzi et hammam fonctionnant en permanence.

Dans le cas cité ci-dessus, il serait utile d'affiner l'analyse des résultats obtenus, et d'effectuer une analyse typologique de la consommation selon l'étape c.

Etape c :

Cette étape consiste à analyser plus en détail la consommation et à comprendre son profil.

- Pour une activité donnée, il est d'abord nécessaire de déterminer le mode de fonctionnement du bâtiment en question. Il s'agit de relever les plages horaires de l'activité dans l'établissement et de vérifier la compatibilité avec les plages horaires définies pour l'activité. Dans le cas des hôtels, les plages de l'activité HA s'étendent de 6h à 23h et les heures de repos HR de 23 à 6h ceci pour 7 jours de la semaine et durant toute l'année.
- A partir des données de consommation mensuelles transmises, faire une transformation des données de consommation en fonction des heures d'activité et de repos plutôt qu'en fonction des heures pleines et des heures creuses du distributeur (selon la méthodologie présentée à l'annexe 2).
- Procéder à une analyse typologique des consommations selon la méthode décrite au §3.1.3. Il s'agit de

- déterminer la puissance moyenne durant les heures de repos PHR et évaluer son importance par rapport à PM. Si PHR/PM est > 0.53 (voir §4.2.1 et Fig16), cela signifie que la charge aux heures de repos, reste plus importante que la moyenne des hôtels et il serait important de procéder à une analyse plus fine en effectuant un recensement des installations et équipements en fonctionnement durant les heures de repos.
- comparer le profil typologique du bâtiment s'il est en adéquation avec le profil de l'activité. En effet, pour les hôtels, le profil est plutôt du type standard avec les paramètres typologiques suivants :

	Max	Min	Moyenne
P_{HA}/P_M	1.64	1.06	1.22
P_{HR}/P_M	0.85	0.17	0.53
P_P/P_M	8.7	1.12	2.98

- évaluer comment la puissance est utilisée. Pour les hôtels PP/PM moyen est de 2.98 (§4.2.1). Si ce rapport est beaucoup plus grand, la question se pose alors sur la gestion de la pointe de puissance et le moyen de la différer. Cela permettrait de réaliser une économie financière, sans pour autant qu'il y ait des économies réelles d'énergie.
- Dans un deuxième temps, procéder à un suivi mensuel des puissances typologiques P_{HA} ; P_{HR} de la consommation sur plusieurs années afin de déterminer le profil global saisonnier de l'établissement (voir Fig 10).

5. ANNEXE 5

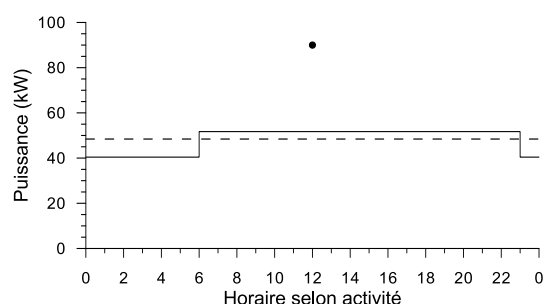
Analyse de 2 hôtels selon la méthodologie

5.1. Analyse de l'hôtel n° 16

Hôtel n° 16

Catégorie ★ ★ ★ ★
Classe de technicité 2

Typologie



P_M 48.4 kW

P_{HA} 51.7 kW

P_{HR} 40.4 kW

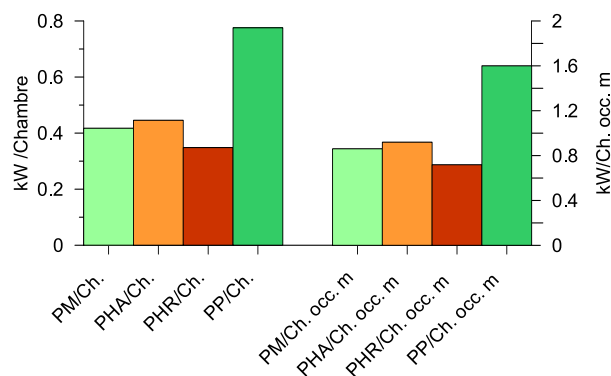
P_P 90.0 kW

P_{HA}/P_M 1.1

P_{HR}/P_M 0.83

P_P/P_M 1.9

Grandeurs spécifiques



$P_M/Ch.$ 0.42 kW/Ch.

$P_{HA}/Ch.$ 0.45 kW/Ch.

$P_{HR}/Ch.$ 0.35 kW/Ch.

$P_P/Ch.$ 0.78 kW/Ch.

$P_M/Ch_{occ. m}$ 0.86 kW/Ch. occ. m

$P_{HA}/Ch_{occ. m}$ 0.92 kW/Ch. occ. m

$P_{HR}/Ch_{occ. m}$ 0.72 kW/Ch. occ. m

$P_P/Ch_{occ. m}$ 1.60 kW/Ch. occ. m

Grandeurs caractéristiques

Année de construction 1964
Nombre de bâtiments 1
Années de transformation 2007
SRE 5'900 m²
Nbre de chambres 116
Nbre de chambres occupées 20'523
Nbre de nuitées 24'954

Installations techniques du bâtiment

Chauffage mazout, 530 kW (2009)
ECS combiné au chauffage
2x 5'000 litres
Ventilation oui
Climatisation split individuel/chambre
Ascenseurs 2

Services proposés

Hôtellerie	
Restaurant	1
Bar	1
Salles de séminaires	

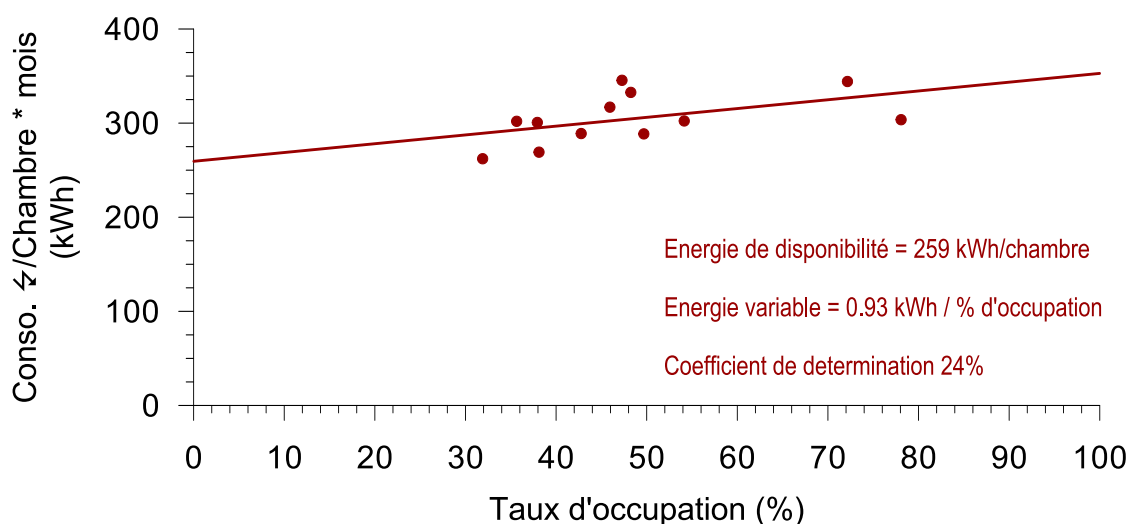
Consommations énergétiques annuelles

Chauffage	897'200 kWh
Electricité	424'175 kWh

Description/remarques

Situé près de la gare, l'hôtel a une bonne activité au restaurant et dans les salles de séminaire. De par ses équipements, il est à considérer en classe de technicité 2 plutôt que 3.

Signature électrique



Analyse

L'hôtel n° 16 présente une **typologie** proche du ruban. Elle peut être causée par 2 phénomènes :

- Un certain nombre de services sont disponibles en permanence, même lorsque peu de chambres sont occupées : Eclairage, cuisine, restaurant, ventilation. Dans ce cas la consommation devrait pouvoir encore être optimisée.
- Certains services sont enclenchés la nuit pour bénéficier d'une tarification plus favorable. Ce ne devrait pas être le cas ici.

En comparant les **grandeurs spécifiques** de l'hôtel n° 16 avec celles des autres établissements de la classe 2, on obtient :

- P_M/Ch de 0.42 est bas par rapport à la moyenne des hôtels (0.54 kW/Ch.).
- P_{HA}/Ch de 0.45 est inférieur à la moyenne (0.57 kW/Ch.).
- P_{HR}/Ch de 0.35 est plus élevé que la moyenne (0.21 kW/Ch.).
- $P_M/Ch_{occ. m}$ de 0.86 est bas par rapport à la moyenne des hôtels (0.92 kW/Ch_{occ. m}).
- $P_{HA}/Ch_{occ. m}$ de 0.92 est proche de la valeur moyenne (1.1 kW/Ch_{occ. m}).
- $P_{HR}/Ch_{occ. m}$ de 0.72 est plus élevé que la valeur moyenne (0.47 kW/Ch_{occ. m}).

- Le rapport P_P/P_M est de 1.9. Il est inférieur à la moyenne et proche du minimum, ce qui montre que la puissance est plutôt bien utilisée.

La consommation est inférieure à la valeur moyenne, plus élevée que le benchmark. La puissance moyenne durant les heures de travail est inférieure à la valeur moyenne des hôtels de classe de technicité 2, mais plus élevée durant les heures de repos.

Ce fait pourrait être dû à la consommation du restaurant en fin de soirée.

La **signature électrique** montre que l'énergie de disponibilité de 259 kWh/ch*mois est située au milieu de la fourchette pour la classe de technicité 2 (150 – 390 kWh/ch*mois selon fig. 33)

L'énergie variable augmente de 0.93 kWh %d'occupation. Cela veut dire 3.1 kWh par chambre occupée supplémentaire pour une nuit. Cette grandeur peut être considérée comme faible.

L'analyse combinée de la typologie, des grandeurs spécifiques et de la signature électrique permet de mettre en évidence qu'il y a relativement peu d'équipements techniques, mais qui semblent rester en service également la nuit. La part ventilation et restaurant semble relativement grande par rapport à la part hôtellerie.

Piste d'amélioration :

Un tour des équipements doit permettre de dresser la puissance des principaux équipements et de vérifier la validité des hypothèses.

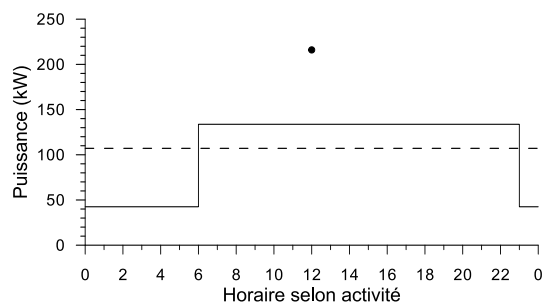
- Quels sont les horaires de la cuisine ? Quels équipements restent enclenchés au-delà de 23 heures, indépendamment du nombre de chambres occupées et pourquoi ?

5.2. Analyse de l'hôtel n° 20

Hôtel n° 20

Catégorie ★★★★★
Classe de technicité 3

Typologie



P_M 107.1 kW

P_{HA} 133.7 kW

P_{HR} 42.5 kW

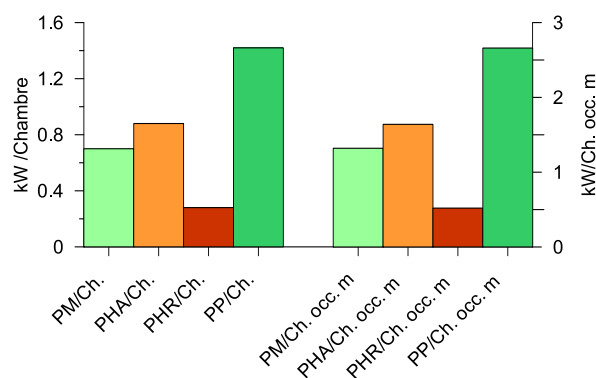
P_P 216 kW

P_{HA}/P_M 1.2

P_{HR}/P_M 0.40

P_P/P_M 2.0

Grandeurs spécifiques



$P_M/Ch.$ 0.70 kW/Ch.

$P_{HA}/Ch.$ 0.88 kW/Ch.

$P_{HR}/Ch.$ 0.28 kW/Ch.

$P_P/Ch.$ 1.42 kW/Ch.

$P_M/Ch_{occ. m}$ 1.32 kW/Ch_{occ. m}

$P_{HA}/Ch_{occ. m}$ 1.64 kW/Ch_{occ. m}

$P_{HR}/Ch_{occ. m}$ 0.52 kW/Ch_{occ. m}

$P_P/Ch_{occ. m}$ 2.66 kW/Ch_{occ. m}

Grandeurs caractéristiques

Année de construction	1965
Nombre de bâtiments	1
Années de transformation	2006
SRE	9'050 m ²
Nbre de chambres	152
Nbre de chambres occupées	29'673
Nombre de nuitées	41'660

Services proposés

Hôtellerie	
Restaurants	2
Bar	1
Salles de séminaire	2

Installations techniques du bâtiment

Chauffage	gaz ou mazout
ECS	combiné au chauffage
Ventilation	13 monoblocs
Climatisation	splits individuels / 40 chambres Centralisée / 40 chambres
Ascenseurs	oui

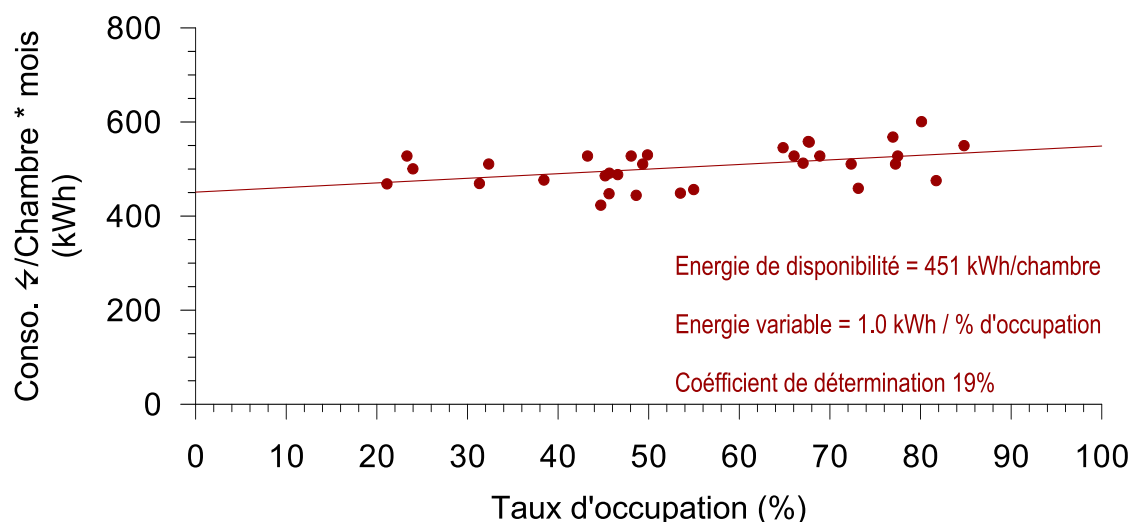
Consommations énergétiques annuelles

Chauffage	1'460'466 kWh
Electricité	938'318 kWh

Description/remarques

La climatisation centralisée et l'importance des restaurants entraînent le degré de technicité 3.

Signature électrique



Analyse

L'hôtel n° 20 présente une **typologie standard** qui montre une bonne gestion des équipements entre les heures d'activité et de repos.

En comparant les **grandeurs spécifiques** de l'hôtel n° 20 avec celles des autres établissements de la classe 3, on obtient :

- P_M/Ch de 0.7 est inférieure à la moyenne des hôtels (0.79 kW/Ch.).
- P_{HA}/Ch de 0.88 est inférieure à la moyenne (1.1 kW/Ch.).
- P_{HR}/Ch de 0.28 est inférieure à la moyenne (0.43 kW/Ch.).
- $P_M/Ch_{occ. m}$ de 1.32 est bas par rapport à la moyenne des hôtels (1.42 kW/Ch._{occ. m}).
- $P_{HA}/Ch_{occ. m}$ de 1.64 est proche de la valeur moyenne (1.7 kW/Ch._{occ. m}).
- $P_{HR}/Ch_{occ. m}$ de 0.52 est inférieur à la valeur moyenne (0.66 kW/Ch._{occ. m}).
- Le rapport P_P/P_M est de 2. Il est inférieur à la moyenne et proche du minimum, ce qui montre que la puissance est plutôt bien utilisée.

La consommation est inférieure à la valeur moyenne, tant durant les heures d'activité que durant les heures de repos.

La **signature électrique** montre que l'énergie de disponibilité de 451 kWh/ch*mois est située plutôt au bas de la fourchette pour la classe de technicité 3 (390 à 750 kWh/ch*mois selon fig. 33)

L'énergie variable augmente de 1 kWh % d'occupation. Cela veut dire 3.3 kWh par chambre occupée supplémentaire pour une nuit. Cette grandeur peut être considérée comme relativement faible.

L'analyse combinée de la typologie, des grandeurs spécifiques et de la signature électrique permet de mettre en évidence que la gestion des équipements est relativement bien maîtrisée.

Piste d'amélioration :

Un tour des équipements doit permettre de dresser la puissance des principaux équipements et de vérifier la validité de la classe de technicité.

Puis les questions à se poser ou à poser seraient relatives aux performances des équipements de ventilation, de froid et de cuisine, chambres de froid et buanderie.

6. ANNEXE 6

Tableau des valeurs pour les hôtels

Données hôtel						Consommation (KWh)			Puissances (kW)					
N°	Catégorie	Classe de technicité	Nbre de chambre	Chambres occupées	SRE (m²)	Annuelle	HP	HC	PM	PP	PHP	PHC	PHA	PHR
1	★★	1	14	1659	606	78'756	78'756	-	9.0					
2	★★★	2	69	5859	8700	284'312	159'888	124'424	32.5	102.0	39.8	26.2	39.8	14.6
3	★★★	2	48	8859	2543	117'434	70'910	46'524	13.4	44.9	17.7	9.8	17.7	3.1
4	★★★	1	32	5263	1570	72'507	56'022	16'485	8.3	32.8	9.6	5.6	9.6	5.1
5	★★★	3	180	39574	21900	1'215'366	663'120	552'246	138.7	300.0	165.2	116.4	165.2	74.6
6	★★★	2	17		545	36'512	36'512	-	4.2					
7	★★★	1	37	7905	1560	105'751	66'437	39'314	12.1		14.6	9.3	14.6	5.8
8	★★★	1	24	6367	424	29'009	19'793	9'216	3.3		4.0	2.5	4.0	1.8
9	★★★	2	33	9806	1315	105'630	71'780	33'850	12.1	50.0	15.8	8.0	15.8	2.9
10	★★★	2	30		1969	163'861	95'022	68'840	18.7		20.9	16.3	20.9	13.3
11	★★★	2	22		1376	137'428	119'696	17'732	15.7	57.5	20.5	6.1	20.5	4.0
12	★★★	2	84	21365	3267	347'000	207'000	140'000	39.6	345.0	45.6	33.2	45.6	25.0
13	★★★	1	20		450	67'114	57'810	9'304	7.7	47.5	9.9	3.2	9.9	2.2
32	★★★	1	28	3305		60'792	60'792		6.9					
33	★★★	1	37	5384		51'701	51'701		5.9					
34	★★★	2	56	12781		169'698	169'698		19.4					
39	★★★	2	45	12765		392'062	392'062		44.8					
40	★★★	2	22	5872		206'620	206'620		23.6					
41	★★★	2	21	5815		68'145	68'145		7.8					
42	★★★	2	11	2319		32'473	32'473		3.7					
43	★★★	3	37	8808		80'641	80'641		9.2					
44	★★★	3	68	15668		467'411	467'411		53.4					
14	★★★★	1	60	10843	3325	107'598	61'236	46'362	12.3	38.4	13.5	11.0	13.5	9.3
15	★★★★	2	42	9113	2500	170'046	129'915	40'131	19.4	62.4	22.2	13.7	22.2	12.5
16	★★★★	2	116	20523	5900	424'175	234'638	189'537	48.4	90.0	51.7	44.9	51.7	40.4
17	★★★★	3	115	25994	8766	640'838	344'166	296'672	73.2	184.0	85.7	62.5	85.7	42.6
18	★★★★	3	105	28856	8750	708'784	375'000	333'784	80.9	143.3	93.4	70.3	93.4	50.6
19	★★★★	2	50	11650	3787	341'152	341'152	-	38.9	43.7				-
20	★★★★	3	152	29673	9050	938'318	536'894	401'424	107.1	216.0	133.7	84.6	133.7	42.5
21	★★★★	3	109	27586	7433	781'207	522'339	258'864	89.2	214.0	115.1	61.3	115.1	26.1
22	★★★★	3	120	16669	5086	618'948	618'948	-	70.7	120.5				
23	★★★★	3	75	18260	3787	569'380	345'245	224'135	65.0	159.0	76.1	53.1	76.1	38.0
24	★★★★	3	98	19649	7000	1'056'254	648'789	407'465	120.6	224.0	161.6	85.9	161.6	21.0
25	★★★★	3	39	9530	2832	434'426	230'889	203'537	49.6	238.0	55.3	44.4	55.3	35.6
45	★★★★	1	60	10837		108'856	108'856		12.4					
47	★★★★	2	141	35115		819'490	819'490		93.5					
49	★★★★	3	35	4257		114'438	114'438		13.1					
50	★★★★	3	265	69800		1'657'049	1'657'049		189.2					
26	★★★★★	4	78	3979	15965	1'618'320	1'219'635	398'685	184.7	596.0	303.8	84.0		
27	★★★★★	4	235	36825	45145	4'627'677	3'367'833	1'259'844	528.3	780.0	838.8	265.5		
28	★★★★★	4	274	32573	43000	5'874'860	3'226'020	2'648'840	670.6	-	711.0	627.2	711.0	572.5
29	★★★★★	3	146	31696	13100	1'885'636	1'885'636	-	215.3	430.0				
30	★★★★★	4	50	10243	4051	745'018	396'204	348'814	85.0	167.0	98.7	73.5	98.7	51.9
31	★★★★★	4	146	33437	12000	4'463'616	2'540'163	1'923'453	509.5	818.0	559.9	455.5	559.9	387.3
51	★★★★★	3	54	5382		287'214	287'214		32.8					

7. ANNEXE 7

Tableau des valeurs pour les EMS

Données EMS				Consommation (kWh)			Puissances (kW)					
N°	Résidents	Postes de travail	SRE (m ³)	Annuelle	HP	HC	PM	PP	PHP	PHC	PHA	PHR
1	18	15.8	504	57'407	57'407		6.6		6.6	6.6	6.6	6.6
2	28	30	400	59'318	33'227	26'091	6.8		7.5	6.0	7.5	5.3
3	29	45	1242	149'272	101'753	47'519	17.0		23.0	11.0	23.0	5.2
4	38	34	1052	168'927	107'013	61'914	19.3	54.0	24.1	14.3	24.1	9.6
5	45	47.2	4685	378'819	258'751	120'068	43.2	158.4	58.4	27.7	58.4	13.0
6	47	43.2	2303	158'946	103'118	55'828	18.1	60.0	23.3	12.9	23.3	7.9
7	48			299'728	173'488	126'240	34.2	78.4	39.1	29.2	39.1	24.4
8	50	41	4323	306'492	203'676	102'816	35.0	132.0	46.0	23.8	46.0	13.1
9	55	53	4055	335'850	220'830	115'020	38.3	124.4	49.8	26.6	49.8	15.4
10	60	32	3333	327'430	220'602	106'828	37.4	67.6	49.8	24.7	49.8	12.6
11	63	69	4965	310'488	214'299	96'189	35.4	144.0	48.4	22.2	48.4	9.6
12	67	62.2	3220	171'324	110'714	60'610	19.6	64.0	25.0	14.0	25.0	8.7
13	71	60	5450	275'124	174'624	100'500	31.4	92.8	39.4	23.2	39.4	15.4
14	71	64.2	3953	264'486	170'280	94'206	30.2	72.0	38.4	21.8	38.4	13.7
15	75	68	5250	461'580	334'992	126'588	52.7	198.0	75.6	29.2	75.6	6.9
16	83	75	5810	400'497	278'805	121'692	45.7	154.5	62.9	28.1	62.9	11.3
17	85	67.1	6564	586'504	374'368	212'136	67.0	183.2	84.5	49.0	84.5	31.9
18	87			623'088	408'360	214'728	71.1		92.1	49.6	92.1	29.1
19	88	86.7	3200	290'122	204'274	85'848	33.1	64.0	46.1	19.8	46.1	7.2
20	100	88	6720	567'834	361'014	206'820	64.8	185.4	81.5	47.8	81.5	31.6
21	108	113.2	7060	547'216	359'008	188'208	62.5	168.4	81.0	43.5	81.0	25.4
22	200	81.3	6290	1'254'564	823'734	430'830	143.2	372.0	185.9	99.5	185.9	57.9
23	270	266	12170	1'103'076	738'870	364'206	125.9	334.8	166.7	84.2	166.7	44.3
24	496	51.8	4230	1'442'870	933'940	508'930	164.7	425.0	210.7	117.6	210.7	72.7