



# PREVISION ET JUSTIFICATION DES CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE POUR 3 CATEGORIES DE BATIMENTS

## SIGNATURE ELECTRIQUE DES BATIMENTS

Rapport annuel 2010

Auteur et coauteurs	Francine Gass, Sahar Pasche, C. Weinmann
Institution mandatée	Weinmann-Energies SA et Ecost (Epalinges)
Adresse	CP 396, 1040 Echallens
Téléphone, e-mail, site Internet	+4121 886 20 20, <a href="mailto:fga@weinmann-energies.ch">fga@weinmann-energies.ch</a> , <a href="http://www.weinmann-energies.ch">www.weinmann-energies.ch</a>
N° projet / n° contrat OFEN	N° projet: 102747 / n° contrat OFEN: 153539
Responsable OFEN du projet	
Durée prévue du projet (de - à)	Du 1.09.2008 au 30.09.2011
Date	10 décembre 2010

### RESUME

L'étude systématique de 31 hôtels a permis de mettre au point une méthode d'analyse de la consommation d'électricité d'un bâtiment qui peut se décomposer en 3 étapes distinctes : une analyse typologique, qualitative, l'analyse des grandeurs spécifiques dépendant d'indicateurs liés à la prestation réalisée et enfin une analyse fine, appelée signature électrique, qui est basée sur l'analyse des consommations électriques mensuelles en fonction du nombre de chambres occupées.

La signature électrique, réalisée pour 17 établissements dont les consommations mensuelles étaient disponibles, a montré que la consommation d'électricité d'un hôtel se décompose en une part fixe, appelée énergie de disponibilité, et une part variable dépendant de l'activité. L'énergie de disponibilité correspond à la consommation énergétique de l'hôtel lorsqu'il est prêt à accueillir des hôtes. Il y a une claire corrélation entre l'énergie variable et la prestation réalisée par l'établissement, en l'occurrence le nombre de chambres occupées.

La comparaison de la signature électrique des 17 hôtels a également révélé que l'énergie de disponibilité ne dépendait pas clairement de la catégorie de l'hôtel, mais plutôt d'une classe de technicité, qui correspond au type de services offerts. 4 classes de technicité ont pu être définies. Chaque classe présente une plage d'énergie de disponibilité qui lui est propre et qui ne se recoupe pas avec ses voisines.

Les résultats obtenus en 2010 ont abouti à une redéfinition des objectifs du projet de recherche. Notamment, il semble nécessaire de consolider les résultats sur la signature électrique et les classes de technicité. Cependant, l'échantillonnage actuel n'est pas suffisant d'un point de vue statistique. Dans ce sens, l'échantillonnage sur les hôtels va être élargi pour que chaque classe de technicité soit représentée par un nombre statistiquement significatif d'établissements. D'autre part, la méthodologie sera également appliquée à des EMS, qui peuvent être assimilés à des hôtels occupés en permanence. En revanche, les autres classes de bâtiment initialement prévues, habitat collectif, administration et écoles, ne seront plus traitées dans le cadre du présent projet.

## Buts du projet

Les travaux de recherche entrepris visent à comprendre la consommation d'électricité d'un bâtiment et de développer une méthode d'analyse simplifiée à partir des informations figurant sur la facture d'électricité. Il s'agit de définir un ensemble judicieux de 4 à 6 paramètres caractéristiques du profil de la consommation d'électricité et de l'usage du bâtiment, paramètres faciles à obtenir, qui permettent de conduire aux résultats essentiels d'une analyse de la consommation d'électricité.

Les objectifs principaux de la méthode d'analyse sont une mise en œuvre simple et rapide à un coût fortement diminué par rapport à ceux d'une analyse conventionnelle. Ainsi, l'analyse de la consommation d'électricité ne serait plus réservée aux gros consommateurs et devrait pouvoir être généralisée à l'ensemble des bâtiments du parc immobilier. Sachant que de telles analyses représentent la première étape d'une démarche d'optimisation de la consommation d'électricité, la diffusion à large échelle d'une telle méthode prend toute son importance.

Le projet de recherche se concentre sur l'étude du comportement de 2 sous-catégories des bâtiments d'habitation, les hôtels et les établissements médico-sociaux (EMS), dont les consommations d'électricité dépendent clairement des prestations offertes, qui dépendent entre autres du nombre de résidents accueillis. Par rapport au projet initial, le nombre de catégories examinées a été réduit au profit d'un élargissement conséquent de l'échantillonnage des hôtels, afin de consolider les résultats obtenus à ce jour.

## Travaux effectués et résultats acquis

La norme SIA 380/4 se réfère à la surface de référence énergétique (SRE), comme indicateur, pour calculer la demande spécifique d'électricité, en kWh/m<sup>2</sup>. Or, la SRE est un paramètre « statique », qui ne reflète pas l'importance de l'activité liée au bâtiment, qui est, par essence, variable. De ce fait, il était important de chercher d'autres indicateurs reflétant mieux l'activité et les dépenses énergétiques. Notre approche résulte de la réponse à 3 questions essentielles :

- Comment obtenir la consommation électrique dans le détail sans forcément faire appel à des mesures de courbes de charges ?
- Quels sont les indicateurs révélateurs de l'activité et des dépenses électriques?
- Comment les interpréter?

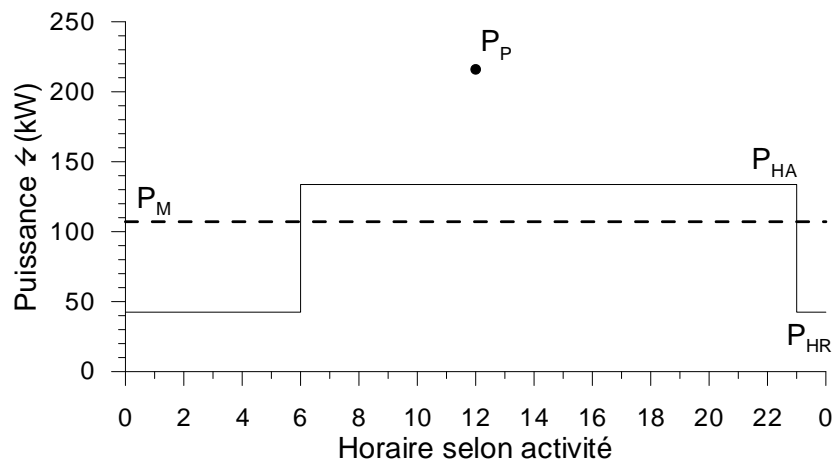
En analysant systématiquement la consommation d'électricité des 31 hôtels de notre base de données, nous avons mis au point une méthode d'analyse de la consommation en 3 étapes : une analyse typologique, qualitative, l'analyse des grandeurs spécifiques dépendant d'indicateurs liés à la prestation réalisée et enfin une analyse fine, appelée signature électrique, qui est basée sur l'analyse des consommations électriques mensuelles en fonction du nombre de chambres occupées. Ces 3 étapes livrent des informations distinctes et complémentaires sur le profil du consommateur.

### *Analyse typologique de la consommation*

Nous avons opté pour une analyse typologique de la consommation, avec pour objectif de remplacer les mesures de courbes de charges onéreuses (rapports annuels 2008 et 2009)(voir graphique 1).

En effet, en se basant sur les relevés annuels de la consommation et en adaptant les heures HC/HP des fournisseurs en heures d'activité et de repos, l'analyse typologique de la consommation a l'avantage de :

- refléter en grande partie la consommation in situ sans pour autant faire des mesures de courbes de charge, ce qui représente un gain important en temps et en ressources pour l'analyse.
- permettre de déterminer de manière assez fiable le profil de la consommation en fonction des heures d'activité.
- permettre d'estimer la part de la consommation résiduelle en dehors des heures d'activité.
- permettre de déceler les anomalies en fonction du profil typologique de l'activité.
- avoir une idée de la manière dont la puissance et l'énergie sont utilisées.



Graphique 1 : Exemple de profil typologique standard d'un hôtel établi à partir des informations figurant sur la facture annuelle d'électricité.  $P_M$  : puissance moyenne annuelle,  $P_P$  : puissance de pointe maximale,  $P_{HA}$  : puissance pendant les heures d'activités,  $P_{HR}$  : puissance résiduelle pendant les heures de repos. Heures d'activités 6h00-23h00.

#### Détermination des indicateurs

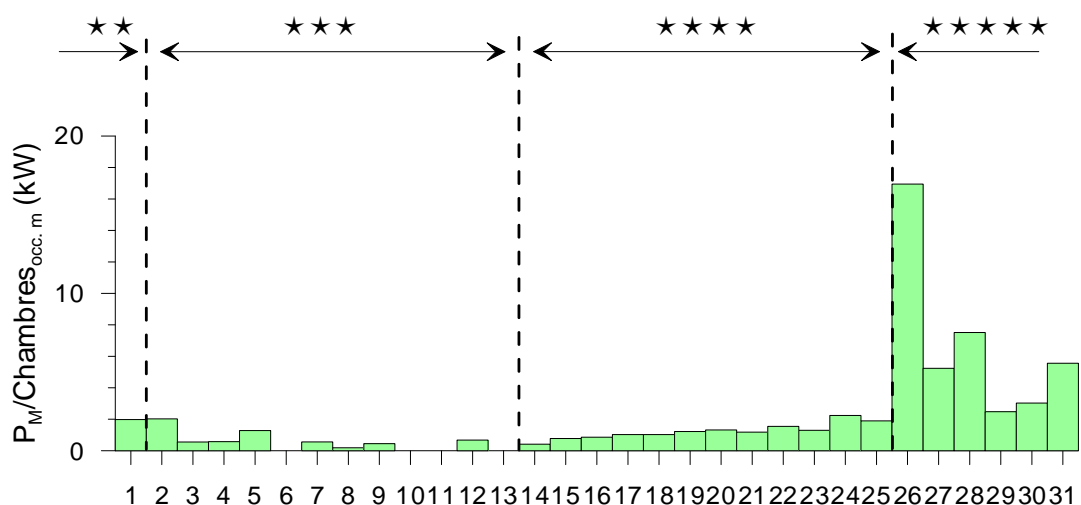
En cherchant des grandeurs spécifiques qui ne soient pas liées à la SRE, il était nécessaire de trouver d'autres indicateurs qui puissent refléter au mieux l'activité du bâtiment et les consommations électriques qui en découlent. Dans l'exemple de l'hôtellerie, nous avons retenu plusieurs indicateurs qui nous ont paru pertinents :

- Le nombre de chambres disponibles (indicateur statique)
- Le nombre de chambres occupées (indicateur variable)
- Le nombre de nuitées (indicateur variable)

Les chambres occupées et les nuitées sont des valeurs pour lesquels les hôteliers tiennent déjà une statistique. Leur récolte ne représente donc pas un travail supplémentaire important.

Le rapport des paramètres typologiques annuels ( $P_M$ ,  $P_{HA}$ ,  $P_{HR}$ ) aux nouveaux indicateurs de l'activité, tels que le nombre de chambres occupées ou le nombre de nuitées, par catégorie d'hôtel, nous permet :

- d'avoir une compréhension individuelle de la consommation électrique des hôtels en fonction de la prestation qu'ils réalisent.
- de diagnostiquer des consommations d'électricité anormales en comparant les hôtels entre eux par une approche de Benchmark (voir graphique 2), indépendamment de leur profil typologique (qui peut être standard).



Graphique 2 : puissance moyenne annuelle en fonction du nombre de chambres occupées moyen pour 31 hôtels romands. Classement croissant en fonction des catégories d'hôtels (nombre d'étoiles) et de la puissance moyenne par  $m^2$  ( $P_M/m^2$ ).

Toutefois, cette approche ne permet pas d'apporter une réponse globale pour la détermination de valeurs limites reflétant la consommation électrique dans les hôtels. D'une part parce que l'échantillon des hôtels représentés n'est pas suffisant pour être statistiquement significatif. D'autre part, parce qu'ils ne représentent pas forcément des établissements qui sont optimisés d'un point de vue de leur consommation électrique. Il ne s'agit donc pas de *best practice* qui pourraient être utilisés comme référence.

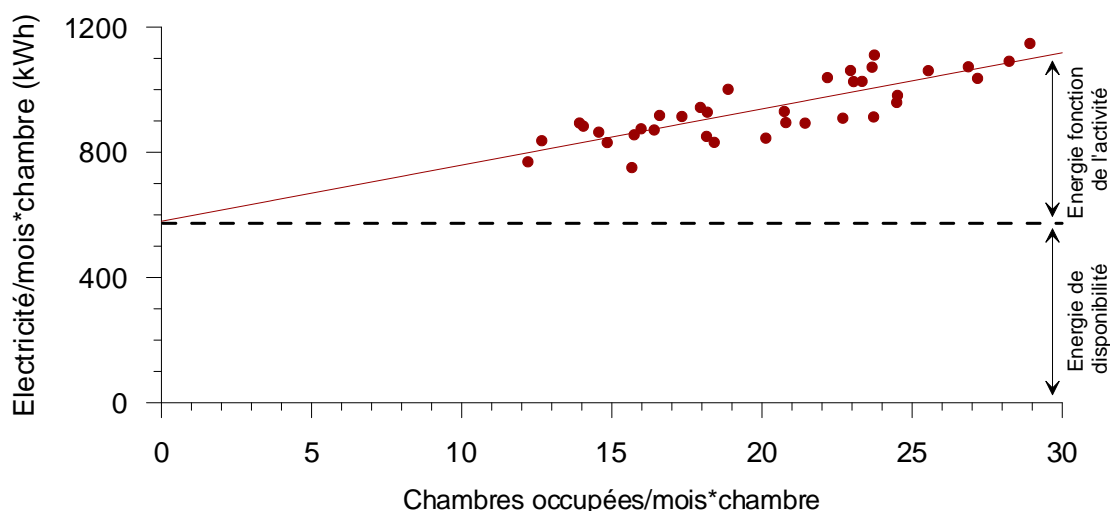
#### *Signature électrique, analyse fine de la consommation d'électricité*

Lorsque les consommations d'électricité sont disponibles mensuellement, il est également possible de réaliser une analyse fine de la consommation d'électricité, en fonction de l'activité du bâtiment. Cette analyse fine est appelée *signature électrique*.

Pour les hôtels, l'analyse de la consommation électrique mensuelle en fonction du nombre de chambres occupées par mois (voir graphique 3), nous a permis de mettre en évidence 2 types de consommation :

- une consommation de disponibilité, correspondant au fonctionnement de l'hôtel à vide, prêt à accueillir les résidents.  
Cette valeur correspond à la valeur de l'ordonnée à l'origine.
- une consommation variable qui dépend de l'occupation réelle des chambres.  
Cette valeur correspond à la pente de la droite de régression.

Pour établir la signature électrique, la consommation d'électricité mensuelle, comme le nombre de chambres occupées, ont été divisés par le nombre de chambres de l'hôtel. Cela permet de comparer entre eux des établissements de taille très dissemblables. De fait, l'axe des abscisses illustre alors le taux de remplissage mensuel de l'hôtel.



Graphique 3 : exemple de graphique illustrant la signature électrique d'un hôtel 4 étoiles. L'énergie de disponibilité représente 580 kWh/mois et par chambre, alors que l'énergie variable est d'environ 18 kWh/chambre occupée (un jour). Données sur la période 2007-2009.

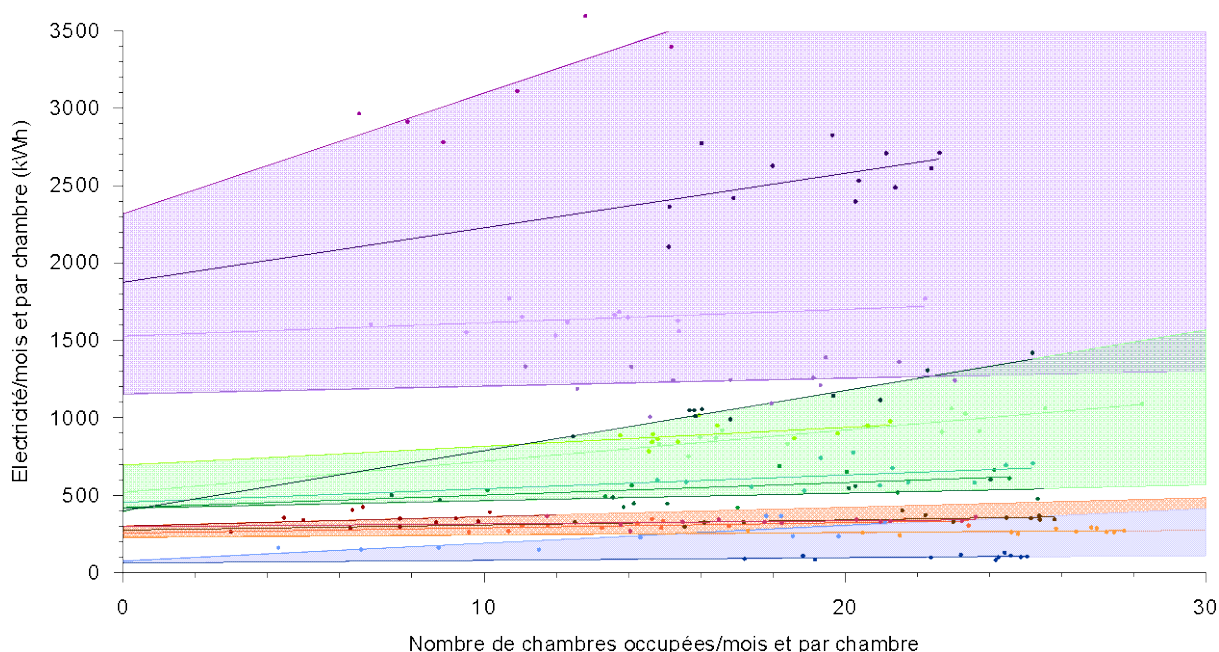
L'analyse des données disponibles montre que l'énergie de disponibilité ne dépend pas clairement de la catégorie d'hôtel mais plutôt du taux d'équipement et du type de prestations offertes par l'établissement. Nous avons donc réparti les hôtels selon leur degré de « technicité » et non selon leur catégorie d'étoiles. Nous avons répertorié 4 classes de technicité :

- Classe 1 : Hôtels garni, sans climatisation dans les chambres, pas de prestations particulières.
- Classe 2 : Hôtels standards avec 1 restaurant, ascenseur, sans climatisation dans les chambres.
- Classe 3 : Hôtels offrant 1 ou 2 restaurants, 1 bar, un petit SPA, climatisation dans les chambres, salles de séminaire, avec ou sans piscine.
- Classe 4 : Hôtels offrant des prestations supérieures, avec plusieurs restaurants et bars, un centre wellness, avec jacuzzi, hammam et sauna, business center, salles de banquet et de congrès.

Les valeurs observées par classe de technicité sont :

Classe de technicité	Energie de disponibilité kWh/mois et chambre	Nombre d'hôtels dans la classe
Classe 1	40-80	2
Classe 2	200-300	6
Classe 3	400-700	5
Classe 4	1100-2300	4

La détermination des classes a été facilitée par l'absence de recoupement entre elles à l'ordonnée à l'origine (graphique 4). Cependant, le nombre d'hôtels dans chaque classe (colonne de droite) du tableau ci-dessus est insuffisant pour être représentatif statistiquement. Un minimum de 30 hôtels par classe serait nécessaire pour cela.



Graphique 4 : Signature électrique pour 17 hôtels répartis dans 4 classes de technicité. Pour pouvoir comparer les hôtels entre eux, la consommation d'électricité mensuelle et le nombre de chambres occupées mensuel ont été divisés par le nombre de chambre de l'hôtel. Classes de technicité : 1 – bleu, 2 – orange, 3 – vert, 4, violet.

L'énergie variable en fonction des chambres occupées varie en général entre 4 et 80 kWh/chambre occupée. Pour l'instant, nous n'avons pas constaté de corrélation directe entre le degré de technicité et l'énergie variable. Une première hypothèse serait que cette consommation d'électricité variable soit dépendante du profil des occupants, qu'ils soient des clients de type loisir ou professionnel.

A ce stade, nous ne disposons pas d'assez de données pour déterminer de manière claire cette dernière variable.

### Conclusion

Les résultats obtenus sont très prometteurs pour déterminer une signature électrique dans les hôtels incluant les paramètres de l'activité. Notre approche met en évidence 3 points principaux :

- La demande spécifique d'électricité de la norme 380/4, basée sur des  $m^2$ , ne suffit pas pour décrire l'activité des hôtels et la consommation qui lui est liée. Dans le cas des hôtels, le nombre de chambres disponibles et le nombre de chambres occupées reflètent mieux la réalité.
- L'analyse typologique des consommations électriques, basées sur les relevés annuels facturés, s'avère être un outil puissant pour comprendre et analyser la consommation d'un établissement sans pour autant passer par des mesures de courbes de charges. Ceci a le grand avantage de réduire passablement le temps d'analyse par établissement et de disposer d'un plus grand nombre de données plus facilement. Il est cependant à relever que nous avons rencontré quelques difficultés pour obtenir des données de qualité.
- La signature électrique prend en considération une partie fixe de disponibilité, indépendamment de toute activité et une partie variable en fonction de l'activité elle-même.

## Collaboration nationale

SIA, société suisse des ingénieurs et architectes. Normes et cahiers techniques relatifs à la consommation d'énergie dans le bâtiment et l'électricité en particulier.

Association romande des hôteliers. Partenariat pour élargir l'échantillonnage des hôtels et obtenir des résultats statistiquement significatifs.

## Collaboration internationale

Il n'y a pas de collaboration internationale prévue.

## Évaluation de l'année 2010 et perspectives pour 2011

Avec l'analyse systématique des hôtels de notre base de données, nous avons pu élaborer et formaliser la méthode d'analyse de la consommation d'électricité en 3 étapes. 2010 se présente donc comme un tournant méthodologique qui permet d'obtenir des résultats qui vont au-delà d'une représentation simplifiée de la courbe de charge du bâtiment. Notamment, la détermination d'indicateurs liés à la prestation a permis de se libérer de l'indicateur traditionnel qu'est la surface. Surtout, la représentation de la consommation d'électricité selon la signature électrique permet de la décomposer selon une fraction fixe, l'énergie de disponibilité/chambre, et une fraction variable qui elle dépend de la prestation, en l'occurrence pour les hôtels les chambres occupées.

Il est prévu que le présent projet se termine en septembre 2011. Sur la base des résultats méthodologique de cette année, les objectifs du projet de recherche ont été adaptés pour consolider les résultats obtenus. Pour y arriver, nous proposons l'approche suivante :

- Affiner les valeurs observées, par classe de technicité, en considérant les données mensuelles pour un plus grand nombre d'hôtels, de telle façon que chaque classe de technicité soit représentée par environ 30 établissements.  
Cela représente la récolte des données de consommations d'électricité pour une centaine d'établissements hôteliers environ.
- Vérifier l'approche de classification par degré de technicité avec les EMS, qui sont assimilables à des établissements hôteliers avec un taux d'occupation proche de 100%.  
Nous avons déjà en notre possession les données de consommations d'électricité mensuelles de 24 EMS genevois pour la période 2002-2008.
- L'analyse des catégories « habitats collectifs », « administration » et « écoles » ne sera plus réalisée dans le cadre du présent projet.
- En fonction des résultats obtenus, il sera peut-être possible d'étendre la méthodologie actuelle pour parvenir à une modélisation permettant une généralisation de notre approche et déterminer des valeurs limites applicables dans le cadre normatif pour les hôtels et éventuellement les EMS.

Au vu des résultats obtenus cette année, nous proposons un nouveau titre pour le projet de recherche, qui illustre mieux les objectifs tels que redéfinis. Il s'agit de *Signature électrique des bâtiments*.

## Références

- [1] **Norme SIA 380/4 :2006, L'énergie électrique dans le bâtiment**, Société suisse des architectes et des ingénieurs, 2006
- [2] **SIA Cahier technique 2024, Conditions d'utilisation standard pour l'énergie et les installations du bâtiment**, Société suisse des ingénieurs et des architectes, 2006
- [3] M. Jakob, D. Aiulfi, A. Primas, **Energieverbrauch von Bürogebäuden und Grossverteilen**, Rapport final, 125 pages, 2009.

## Annexe

Annexe 1 Analyse de 2 hôtels 4 étoiles selon la méthodologie en 3 étapes.