

| | |
|---------------------|---|
| Zeitschrift: | Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses |
| Herausgeber: | Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen |
| Band: | 83 (1992) |
| Heft: | 6 |
| Artikel: | Indices d'énergie électrique dans le bâtiment |
| Autor: | Weinmann, C. |
| DOI: | https://doi.org/10.5169/seals-902810 |

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 19.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Indices d'énergie électrique dans le bâtiment

Ch. Weinmann

**Anlässlich einer Tagung über
Energie-Indizes an Gebäuden am
18. Oktober 1991 im Centre
universitaire d'études des
problèmes de l'énergie (CUEPE)
in Genf stellte der hier veröffent-
lichte Beitrag eine spezielle
Erfassungs- und Untersuchungs-
form der entsprechenden Indizes
der elektrischen Energie vor. Ein
Entwurf der auf diesem Prinzip
basierenden SIA-Empfehlung
380/4 ist inzwischen veröffent-
licht worden.**

**Lors d'une journée de discussion
consacrée aux indices d'énergie
électrique mesurés dans certains
bâtiments le 18 octobre 1991 au
Centre universitaire d'études des
problèmes de l'énergie (CUEPE)
à Genève, l'auteur de l'article
publié ici a présenté une
nouvelle forme d'enregistrement
et d'analyse de l'indice d'énergie
électrique. Un projet de la
recommandation SIA 380/4,
qui est basée sur ce principe,
a entretemps été mis à l'essai.**

Adresse de l'auteur

Ch. Weinmann, Dr physicien SIA-ASIC,
Weinmann-Energies SA, 1040 Echallens.

Résumé

La consommation d'électricité dans les bâtiments est décomposée en fonction des prestations fournies par les équipements électriques et les catégories d'utilisation. Elle peut être représentée par une matrice dont chaque élément est un indice d'énergie électrique associé d'une part à une prestation comme l'éclairage, le renouvellement d'air, le conditionnement des locaux ou la production d'un service ou d'un bien à la place de travail et d'autre part à une catégorie d'utilisation, bureau, surface de vente, salle de classe ou surface de circulation.

Les résultats des mesures effectuées montrent que pour chaque prestation et catégorie d'utilisation, la consommation spécifique d'électricité peut varier dans une proportion de 1 à 4. Nous analysons quelques raisons de ces grandes différences et présentons les premières propositions de valeurs-limites et de meilleures valeurs définies dans le cadre du projet de recommandation SIA 380/4.

Matrice de la consommation d'électricité

Contrairement à la simplicité des recommandations SIA 180/4 et SIA 380/1 qui introduisent un seul indice de dépense d'énergie pour caractériser le chauffage et la production d'eau chaude dans les bâtiments, l'analyse de la consommation d'électricité passe par l'introduction d'une matrice de plusieurs grandeurs caractéristiques.

Chaque terme de la matrice représente une consommation d'énergie spécifique à une prestation, éclairage, renouvellement d'air, conditionnement, associée à une catégorie d'utilisation, bureau, surface de vente, salle de classe ou surface de circulation par exemple. Pour davantage de finesse, il est également souhaitable de définir plusieurs

classes ou plusieurs niveaux de prestation par catégorie.

La consommation spécifique d'énergie s'exprime en kWh/m²/a. Elle se décompose en produit d'une puissance moyenne P et d'une durée d'utilisation h_a .

La puissance moyenne peut elle-même s'exprimer en produit d'une puissance maximale P_{max} par un facteur d'exploitation.

$$E = P_m \times h_a = P_{max} \times f_b \times h_a$$

La puissance maximale est la puissance mesurée lorsque l'installation fonctionne à plein régime. Le facteur f_b traduit l'efficacité des commandes et régulations qui permettent d'adapter le niveau de puissance en fonction des besoins.

La figure 1 présente la matrice de la consommation d'électricité.

Les indices caractéristiques des consommations d'énergie électrique sont les puissances moyennes, exprimées en W/m². Les puissances moyennes sont en effet indépendantes de la durée d'occupation des locaux et peuvent donc être comparées entre elles.

Résultats de la mesure

Nous présentons quelques résultats de mesure concernant le renouvellement d'air, le conditionnement des locaux et l'éclairage.

Renouvellement d'air

Les classes de prestations pour le renouvellement d'air des bureaux sont définies en tableau I.

La figure 2 présente des résultats concernant les puissances moyennes mesurées pour le renouvellement d'air dans des bureaux de classe 3. Les valeurs observées diffèrent d'un facteur 1 à 4. Nous énumérons ci-dessous quelques raisons.

- Il est très fréquent que des installations fonctionnent 3000 heures par année alors que les locaux concernés ne sont occupés que 2500 heures, parfois même moins de 1000 heures par année (restaurant d'entreprise, salle de conférence). Il arrive aussi que la ventilation d'un bureau fonctionne 8760 heures par année parce qu'elle dessert également le standard téléphonique.
- Les pertes de charges sont trop élevées lorsque les gaines sont de faible section et de grande longueur.
- Des installations qui disposent d'une régulation de la vitesse de rotation des moteurs de ventilateurs à fréquence variable ont souvent des rendements plus faibles que des moteurs de même dimension à vitesse fixe.
- Tous les moteurs mesurés étaient surdimensionnés en moyenne d'un facteur 1,5. Il est certain qu'une optimisation des moteurs permet une diminution de la consommation.
- Certaines installations sont équipées d'une régulation de pression par clapet («Dralldrosselregelung»). Les bons rendements obtenus par ces installations sont parfois trompeurs. C'est le cas lorsque ce clapet diminue le débit en créant une perte de charge artificiellement élevée. Les moteurs étant surdimensionnés, il s'ensuit que la consommation globale d'électricité est élevée.
- Nous avons examiné des installations équipées d'une régulation par embrayage électromagnétique situé entre le moteur et le ventilateur. Les rendements obtenus sont faibles car le moteur tourne toujours à charge constante, l'énergie superflue étant dissipée par l'embrayage.

Conditionnement des locaux

Pour interpréter les consommations d'énergie pour la climatisation de lo-

| Puissance moyenne [W/m ²] | | | | | | | SIA 380/4 | |
|---------------------------------------|---------------------|----------|----|------------------------------|----------|----------|---------------------------------------|----|
| Objet, lieu: date: ingénieur: | | | | | | | cl = classe vo = valeur de l'objet | |
| unité d'exploitation | prestation | | DT | installations du bâtiment IB | | | équipements de production EP | |
| | A [m ²] | ha [h/a] | | RN cl vo | CO cl vo | LU cl vo | EI | SC |
| bureau | | | | | | | | |
| surface de vente | | | | | | | | |
| salle de cours | | | | | | | | |
| chambre (hôtel, hôpital) | | | | | | | | |
| salle de conférence | | | | | | | | |
| auditoire | | | | | | | | |
| restaurant | | | | | | | | |
| centre de calcul | | | | | | | | |
| cuisine | | | | | | | | |
| circulation | | | | | | | | |
| dépôt | | | | | | | | |
| entrée, réception | | | | | | | | |
| parking | | | | | | | | |

Fig. 1 Matrice de la consommation d'électricité

A est la surface de l'unité d'exploitation concernée par la prestation examinée
DT représente les diverses techniques centralisées du bâtiment: services auxiliaires en chaufferie, circulateurs, ascenseurs, central téléphonique, pertes de transformateurs
RN signifie renouvellement d'air et concerne le transport d'air jusqu'au volume nécessaire par personne
CO est le conditionnement des locaux. Cette prestation inclut le transport d'air pour le renouvellement et le recyclage d'air, le froid, l'humidification et la déshumidification
LU concerne l'éclairage intérieur et extérieur, y compris l'éclairage décoratif
EI concerne les équipements individuels, PC, fax, machines à café, appareils qui sont répartis sur toute la surface et branchés sur les prises électriques
SC signifie services centralisés, centre de calcul, cuisine d'entreprise, atelier d'héliographie

| Classe | Critère, ΔP | Remarques, exemples |
|--------|----------------------|--|
| 1 | 0 à 300 Pa | Appareils dans les locaux, extraction, ventilation, garage |
| 2 | 300 à 900 Pa | Perte de chauffage faible: elle comprend filtre, batterie de chauffage et récupérateur. Ajouter 150 Pa par batterie de froid et de postchauffage dans les installations de climatisation. |
| 3 | 900 à 1400 Pa | Perte de charge moyenne (même remarque) |
| S | au-dessus de 1400 Pa | Perte de charge élevée (même remarque) |

Tableau I Classes de prestation pour le renouvellement d'air des bureaux

caux, il est indispensable de déterminer des classes de prestation. Celles-ci sont définies selon les apports de chaleur à évacuer. Selon le projet SLA 380/4, on obtient les valeurs des tableaux II et III.

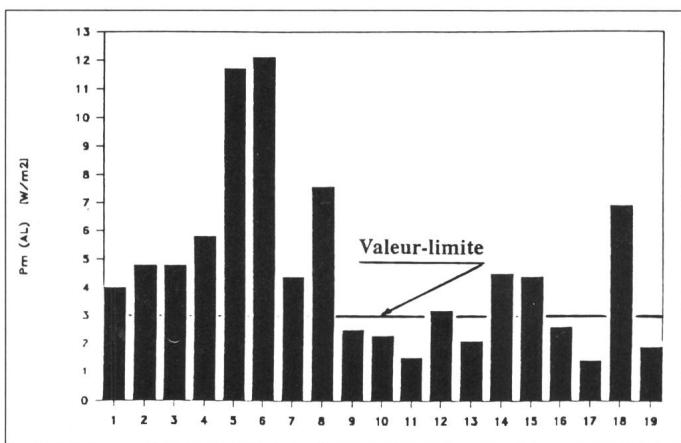
Les résultats obtenus pour les bureaux de classe 2 et des surfaces de vente de classe 3 sont illustrés aux figures 3 et 4. Là de nouveau, les différences vont du simple au quadruple pour les installations considérées comme modernes. Les raisons sont très diverses.

- Les consommations d'électricité pour le transport et la circulation de l'air

sont en général plus élevées que celles observées pour la production de froid. Pour des bureaux, nous avons souvent observé des puissances moyennes de 6 à 10 W/m² pour le transport de l'air et de l'ordre de 2 à 4 W/m² pour la production de froid et l'humidification. Le transport de froid par l'air est beaucoup plus vorace en énergie que le transport par circuit hydraulique.

- Dans le cadre de la production de froid, l'énergie électrique pour le ventilateur de la tour de refroidissement et des pompes de circulation des fluides caloporteurs et du circuit d'eau refroidi est du même ordre de grandeur et parfois même plus élevée que la consommation du compresseur de froid.
- Les besoins pour l'humidification peuvent être importants. Mais ils devraient être très réduits en été. Ce n'est cependant pas le cas, car un refroidissement avec de l'eau glacée provoque une condensation exagérée et l'air ainsi desséché doit être réhumidifié. Pour cette raison, l'eau pour les batteries de froid ne devrait pas avoir moins de 12 °C.
- Pour ce qui concerne le transport d'air, les mêmes remarques que celles du renouvellement d'air sont applicables. Elles sont relatives aux débits

Fig. 2 Exemple de consommations mesurées pour le renouvellement d'air de classe 3
Les valeurs diffèrent d'un facteur 1 à 4 et mettent ainsi en évidence un large potentiel d'économies pour la plupart des installations



d'air, aux pertes de charge et aux rendements des moteurs-ventilateurs.

Eclairage

Pour l'éclairage, il est également nécessaire de définir des classes de prestation. Les tableaux ci-dessous donnent des exemples pour la lumière dans les bureaux et les surfaces de vente.

Les résultats mesurés dans des bureaux sont représentés aux figures 5 et 6. On constate là aussi des différences dans le rapport 1 à 4. Les raisons sont multiples.

- Les puissances maximales mesurées sont parfois nettement supérieures aux puissances nominales, ballasts et transformateurs comptés. Les mesu-

res des consommations des bulbes fluorescents ont montré que suivant l'âge, les puissances varient entre 1,1 à 1,3 fois la valeur nominale tenant compte de la puissance des ballasts.

- Les puissances installées sont très variables d'un cas à l'autre. Elles sont influencées par le choix et le nombre de luminaire ainsi que les besoins de décoration. L'efficacité des sources lumineuses ne devrait pas être inférieure à 80 lm/Watt.
- La consommation est largement influencée par le facteur d'exploitation. Nos observations ont montré que lorsque l'enclenchement est manuel et les locaux occupés par plus de trois personnes, l'éclairage reste en général entièrement enclenché durant toute la journée.
- Les observations et enregistrements concernant l'éclairage dans une banque ont montré que les luminaires sont enclenchés systématiquement de 7 h à 17 h, même en été, et de 18.30 h à 20 h, le soir pour le nettoyage. Cela se traduit par un facteur d'exploitation supérieur à un.
- Pour des bureaux de 1 à 2 personnes, la durée d'occupation influence notablement la consommation, car on éteint plus souvent en quittant le local.
- Les systèmes permettant un réglage en fonction de la lumière du jour permettent de réduire sensiblement le facteur d'exploitation.
- Pour tous les systèmes, la durée d'occupation de locaux particuliers comme les salles de classe, les restaurants ou cafétérias d'entreprise, les dépôts et autres locaux techniques peuvent différer de beaucoup par rapport aux valeurs standards. Les critères essentiels sont à ce moment là à décomposer en puissance installée et en durée réelle d'utilisation.
- Nous n'avons pas mesuré des cas avec un éclairage d'ambiance assez faible et un éclairage ponctuel des places de travail.

| Classe | Apports éq. ind. P_{ei} (W/m ²) | Apports totaux P_{ap} (W/m ²) | Remarques |
|--------|--|--|--|
| 1 | 0–5 | 0–20 | Charges faibles, par exemple 1 écran par place de travail et 1 imprimante pour 3 places de travail |
| 2 | 5–15 | 20–30 | Charges moyennes |
| 3 | 15–35 | 30–50 | Charges élevées |
| S | > 35 | > 50 | Charges spéciales |

Tableau II Classes de prestation pour les apports de chaleur des bureaux

| Classe | Apports totaux P_{ap} (W/m ²) | Remarques |
|--------|--|--|
| 1 | 0–20 | Charges faibles, magasins simples |
| 2 | 20–30 | Charges moyennes, par exemple 4 m ² par personne, soit environ 17 W/m ² et l'éclairage normal et de décoration |
| 3 | 30–60 | Charges élevées, par exemple 2,5 m ² par personne, soit 30 W/m ² et éclairage intense |
| S | > 60 | Charges spéciales |

Tableau III Classes de prestation pour les apports de chaleur des surfaces de vente

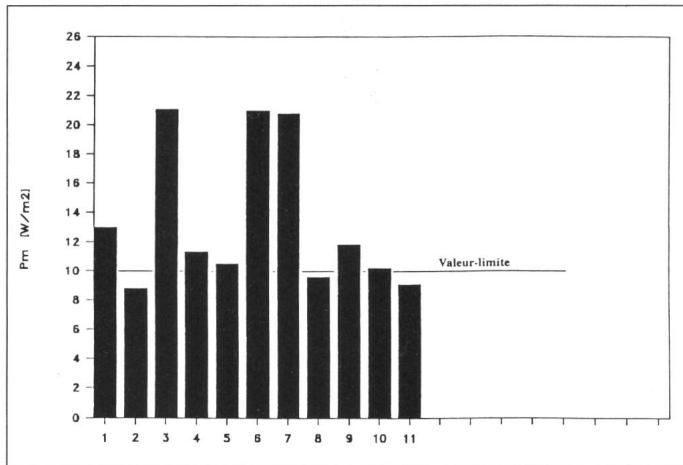


Fig. 3
Puissances moyennes mesurées pour le conditionnement de bureaux avec charges thermiques classe 2

- Pour l'éclairage, il est essentiel de définir le cahier des charges pour juger de la consommation. A cet égard, définir un éclairement de 300 ou 500 Lux ne suffit plus. Le travail sur ordinateur nécessite des prescriptions tenant compte d'un éclairage sur des faces verticales et des problèmes de contraste et d'éblouissement. Le cas échéant, il pourra s'avérer judicieux d'introduire des classes de prestation aussi pour les autres unités d'exploitation.

Valeurs-limites et meilleures valeurs

Les résultats de mesures permettent d'esquisser un ensemble de valeurs-limites et de meilleures valeurs. Les valeurs-limites sont telles qu'environ 1/3 des installations mesurées les satisfont déjà. Les meilleures valeurs ont été calculées et devraient correspondre à des valeurs théoriquement atteignables avec les meilleurs équipements et systèmes existants sur le marché sans considération de coût et de rentabilité.

La figure 7 montre un premier ensemble provisoire de valeurs. Celles-ci ne sont pas officielles et doivent être confirmées. Leur but est de permettre des comparaisons sur une large échelle. Notre souhait est que tous les spécialistes effectuant des analyses énergétiques évaluent les consommations spécifiques d'électricité en termes de puissance moyenne rapportée à la surface concernée par la prestation examinée et contribuent ainsi à enrichir les banques de données.

Indice de défense d'énergie électrique

La consommation d'électricité dans un bâtiment est la résultante de toutes les consommations partielles. Elle peut être exprimée en kWh/a, dont on peut déduire l'indice global E_{el} exprimé en MJ/m²/a, où la surface de référence est la surface brute de plancher sans parking, mais avec les locaux techniques.

Cette réduction à un indice rend l'interprétation plus délicate, mais a le grand avantage d'être simple. Cette simplicité implique que l'on ne compare ensuite entre eux que les indices associés à des bâtiments ayant le même genre d'utilisation. Il est ainsi possible de déceler ceux d'entre eux où une analyse plus approfondie se justifie.

Conclusions

La décomposition de la consommation d'électricité en une matrice d'élé-

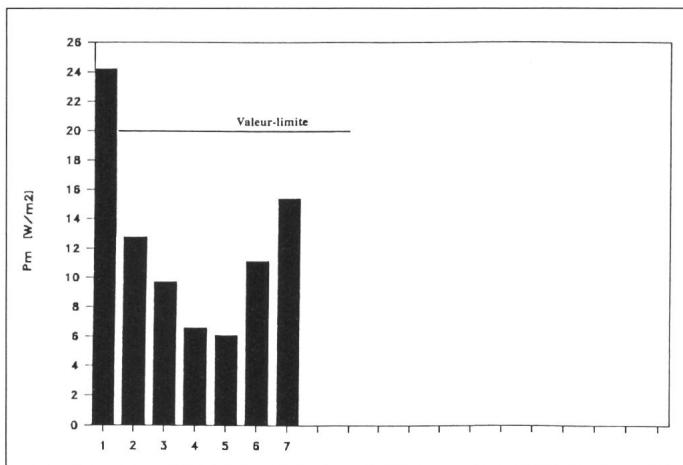


Fig. 4
Puissances moyennes mesurées pour le conditionnement de surface de vente avec charges thermiques classe 3

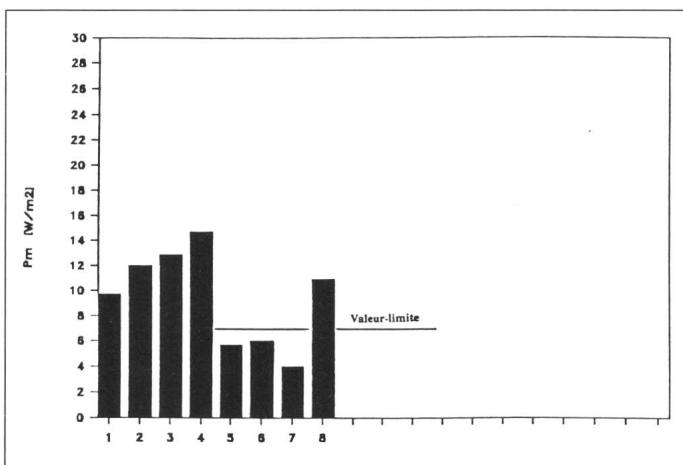


Fig. 5
Puissances moyennes sur l'éclairage de bureaux de classe 1, c'est-à-dire de moins de 5 m de profondeur

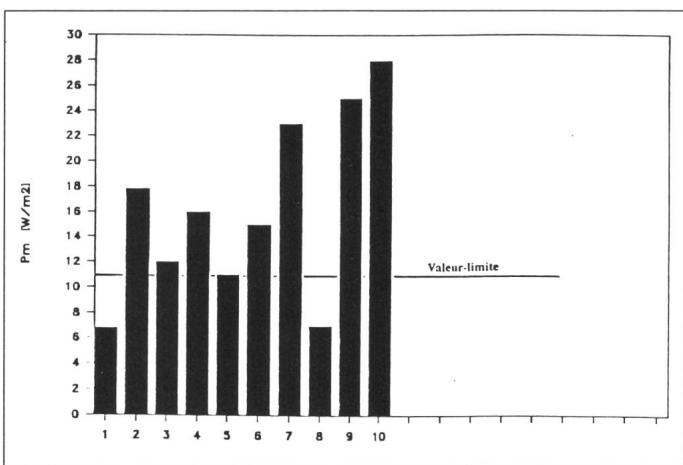


Fig. 6
Puissances moyennes sur l'éclairage de bureaux de classe 2, c'est-à-dire de plus de 5 m de profondeur

Utilisation rationnelle de l'énergie

ments partiels permet une analyse très fine des besoins par prestation et catégorie d'utilisation. Les mesures effectuées montrent qu'il existe en général un grand potentiel d'économie.

Nous avons présenté un certain nombre de causes pouvant expliquer ce grand écart entre les consommations spécifiques observées. Une prise de conscience et la création durable d'un véritable savoir-faire en matière d'utilisation rationnelle de l'électricité permettra de mieux maîtriser la croissance de la consommation. C'est la tâche du programme d'impulsion Ravel qui prépare des journées d'information et des cours dans la plupart des domaines importants de la consommation d'électricité.

Mais il ne faut pas oublier que si les ingénieurs et les architectes pourront

| Classe | Profondeur des locaux | Remarques |
|--------|-----------------------|--------------------------------|
| 1 | > 5 m | local très clair avec fenêtres |
| 2 | 5-12 m | local clair avec fenêtre |
| 3 | borgne | sans lumière de jour |
| S | | besoins spéciaux |

Tableau IV Classes de prestation pour l'éclairage des bureaux

| Classe | Besoins | Intensité | Remarques |
|--------|-------------|-----------|------------------------------------|
| 1 | faibles | 300 Lux | éclairage général |
| 2 | moyens | 500 Lux | éclairage général |
| 3 | élevés | 700 Lux | éclairage général et de décoration |
| S | très élevés | | bijouterie, mode |

Tableau V Classes de prestation pour l'éclairage des surfaces de vente

| Meilleures valeurs et valeurs-limites [W/m ²] SIA 380/4 | | | | | | | | | |
|---|------------------------|-------------|------------------------------|----------------|----------------|----------------|----|----|------------------------------|
| prestation unité d'exploitation | | | installations du bâtiment IB | | | | | | équipements de production EP |
| | A [m ²] | ha [h/a] | DT | RN | CO | LU | EI | SC | |
| | | | | cl mv vl | cl mv vl | cl mv vl | | | |
| bureau | | | | 1 0.3 1.0 | 1 1.0 3.0 | 1 3.0 7.0 | | | |
| | | | | 2 1.0 3.0 | 2 3.0 10.0 | 2 6.0 11.0 | | | |
| | | | | 3 1.0 3.0 | 3 5.0 15.0 | 3 10.0 15.0 * | | | |
| surface de vente | | | | 1 0.5 1.5 | 1 1.5 5.0 | 1 7.0 10.0 * | | | |
| | | | | 2 1.5 5.0 | 2 3.5 12.0 | 2 15.0 20.0 * | | | |
| | | | | 3 1.5 5.0 | 3 5.5 17.0 | 3 25.0 35.0 * | | | |
| salle de cours | | | | 1.5 5.0 | | 5.0 10.0 * | | | |
| chambre (hôtel, hôpital) | | | | 0.5 1.8 | | 3.0 3.0 * | | | |
| salle de conférence | | | | 3.0 9.0 | 5.0 16.0 | 10.0 18.0 * | | | |
| auditoire | | | | 2.0 6.0 | 6.0 18.0 | 15.0 20.0 * | | | |
| restaurant | | | | 3.0 9.0 | 5.0 16.0 | 10.0 20.0 * | | | |
| centre de calcul | | | | | | | | | |
| cuisine | | | | | | | | | |
| circulation | | | | | | 3.0 5.0 * | | | |
| dépôt | | | | 1.0 9.0 | | 5.0 10.0 * | | | |
| entrée, réception | | | | 0.5 1.5 | | 10.0 20.0 * | | | |
| parking | | | | 0.6 3.6 | | 1.0 2.0 * | | | |

Fig. 7 Valeurs-limites (VL) et meilleures valeurs (MV) provisoirement proposées dans le projet de recommandation SIA 380/4
(CL = classe de travail, nombre de personnes, etc.)

parvenir à diminuer la consommation d'électricité par catégorie de prestation, le volume des prestations demandées, lui, croît sans cesse. L'enjeu du programme Energie 2000 est précisément de parvenir à couvrir d'ici l'an 2000 l'augmentation annuelle du volume des prestations demandées par une diminution équivalente des besoins spécifiques pour les satisfaire.

Références

- [1] Brunner C.U., E.A. Müller: Elektrosparsstudien, Presanz, Zürich 1988.
- [2] Lenzlinger M.: Elektrosparsstudien an Gebäuden der Stadt Zürich, 58, Presanz-Feinanalysen, Zürich, seit 1988.
- [3] Gasser S., E. Flüglistier et al.: Arge Amstein + Walther/Intep, Sparpotentiale beim Stromverbrauch in zehn ausgewählten arttypischen Dienstleistungsbetrieben, BEW-Studie, Bern, Oktober 1990.
- [4] Weinmann Ch., M. Kiss: Forschungs- und Grundlagenarbeiten SIA 380/4, «Elektrische Energie im Hochbau», rapport final, février 1991.
- [5] Bush E., S. Gasser et al.: Elektrische Energienanalysen, Methoden zur Senkung des Elektrizitätsverbrauchs von Dienstleistungsbetrieben, Tagung VOBE, 20. März 1990.
- [6] Energiesparen im Elektrobereich, Informatiostagung, Amt für Bundesbauten, Bern, 24. Oktober 1990.
- [7] Guggerli H., R. Sigg et al.: Energieverbrauch neuartiger lüftungstechnischer Anlagen, Atal, August 1990.
- [8] Brunner C.U., B. Brechbühl et al.: Grobanalyse Unikatz, Verbrauch von Elektrizität, Wärme und Wasser der Universitätsgebäude des Kantons Zürich, Zürich, 6. Juni 1990.
- [9] Ravel, Impulsprogramm «Rationelle Verwendung von Elektrizität», Programmlleitung R. Walther, Amstein + Walther, Zürich.
- [10] Weinmann Ch.: Elektrische Energie im Hochbau, Schweizer Ingenieur und Architekt Nr. 13, 29. März 1990.
- [11] Weinmann Ch.: L'énergie électrique dans les bâtiments, Mesures pilotes dans deux immeubles administratifs. Ingénieurs et architectes suisses n° 5, 21 février 1990.
- [12] Pauli H., R. Ruch, U. Sterkel: Energiesparstudie Verkaufszentren, COOP Schweiz, Liestal, 19. Oktober 1990.
- [13] Kiss M. et al.: Berichte und Mitteilungen über Handelsbetriebe. Mitteilungen 1991.