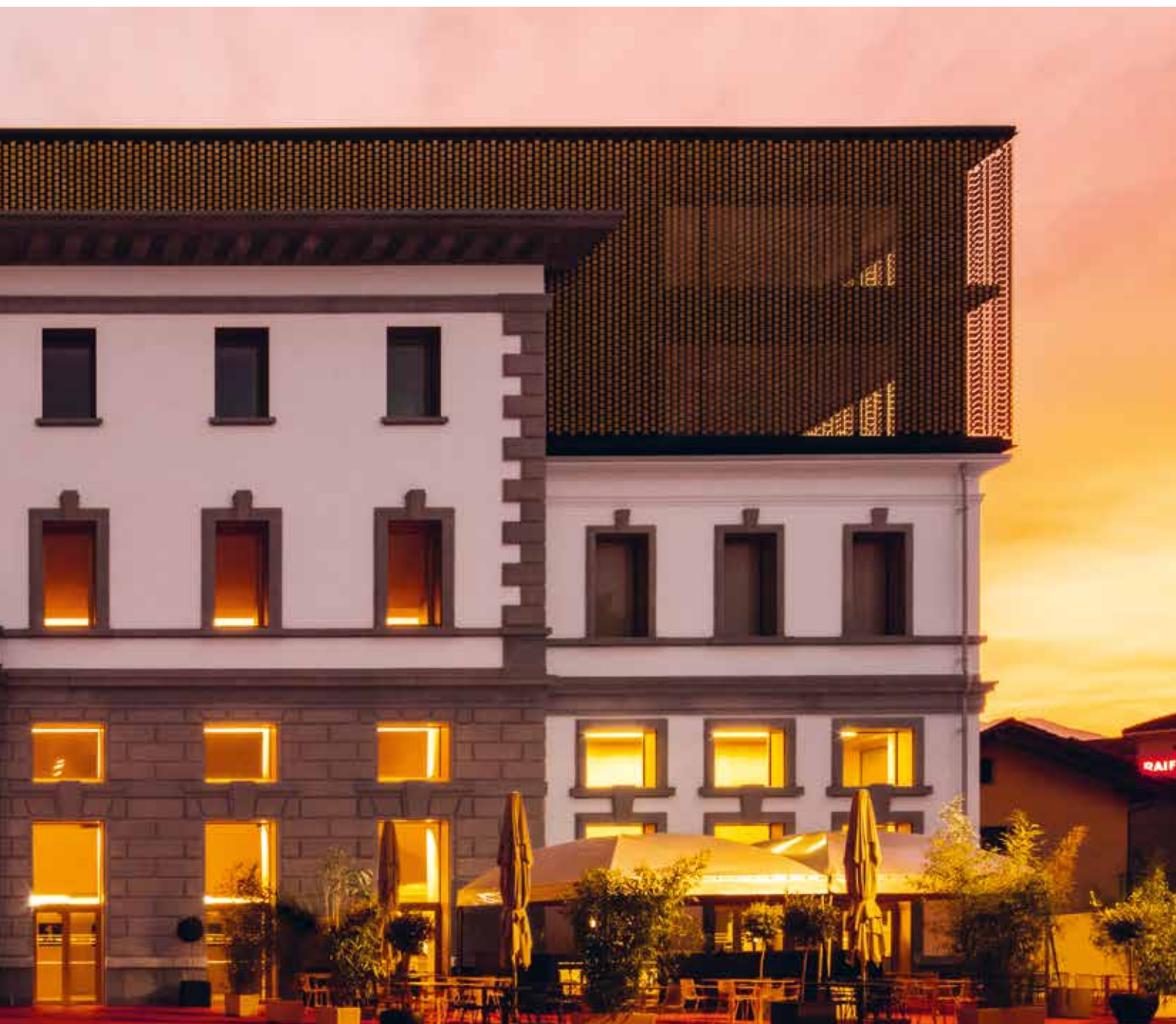


MINERGIE[®]
SAVOIR-FAIRE



Éclairage

La lumière dans les bâtiments Minergie

Contenu

Efficienc e et confort	4
Comprendre la lumière	6
Potentiel d'économie	7
La transformation des LED	8
Ampoules LED de substitution	9
Luminaire s Minergie	10
L'éclairage intérieur	12
Exemple: école Bläsi	15
Plus d'infos	18

Impressum

Éditeur

Minergie Suisse

Production

Contenu: Stefan Gasser, elight GmbH,
Zurich

Rédaction: Sandra Aeberhard,
Faktor Journalisten AG, Zurich

Graphique: Christine Sidler,
Faktor Journalisten AG, Zurich

Traduction: Ilsegret Messerknecht,
Monthey

Impression: Birkhäuser + GBC AG,
Reinach

Photo de couverture: Palazzo del Cinema
di Locarno, Locarno, TI-480; architecture:
AZPML-DFN (Londres, Lugano);
photo: Giorgio Marafioti



Bien éclairer en consommant moins

Minergie garantit davantage de confort pour une moindre consommation d'énergie. Ce qui fait le succès de Minergie depuis 20 ans dans le domaine du confort intérieur s'applique également à l'éclairage ambiant: un éclairage efficace, qui produit une lumière claire et agréable, n'éblouit pas et utilise le plus de lumière naturelle possible – telle est l'exigence Minergie dans le domaine de l'éclairage. Avec l'actuel passage à la technologie LED, le défi pour les maîtres d'ouvrage, les planificateurs et les architectes consiste à dénicher la bonne solution d'éclairage dans la jungle des produits et des possibilités de configuration. Minergie prescrit des standards de qualité clairs.

Efficiency et confort

Grâce à la technologie LED très efficace, il est relativement simple d'installer un éclairage efficace. Malgré tout, il reste difficile de réaliser un éclairage de bonne qualité et non éblouissant. Minergie exige le respect de toutes ces exigences. La consommation d'énergie d'un éclairage ambiant est déterminée par la puissance des luminaires installés et par leur durée de fonctionnement. Ces deux variables sont soumises à différents facteurs d'influence. La plupart sont déterminants aussi bien pour l'efficacité énergétique que pour le confort d'éclairage, et sont parfois en contradiction les uns avec les autres. Les six principaux facteurs d'influence sont illustrés ci-contre et décrits ci-dessous.

Luminaires efficaces

Les luminaires les plus efficaces atteignent aujourd'hui (2018) des rendements lumineux d'environ 160 lumens par watt, ce qui correspond à 10 fois le rendement d'une lampe à incandescence simple. Une haute efficacité a toutefois un prix, car dans les pièces ayant des exigences d'éclairage accrues, il est également important d'assurer une bonne protection anti-éblouissement, un guidage précis de la lumière et un bon rendu des couleurs. Or, respecter ces exigences peut considérablement réduire l'efficacité énergétique des luminaires. Une exigence minimale fixe relative à l'efficacité énergétique, qui ne tiendrait pas compte du besoin d'éclairage spécifique, n'aurait aucun sens.

Pièces lumineuses

La propriété de réflexion d'une pièce, c'est-à-dire le choix des matériaux et des couleurs, influe sur la puissance requise de l'éclairage. Des couleurs claires et des surfaces lisses influencent positivement le bilan énergétique. Dans une pièce dotée de couleurs sombres ou de murs et plafonds en béton apparent, le besoin éner-

gétique peut rapidement doubler par rapport à une configuration claire. Un exemple frappant est celui de la gare centrale de Zurich, avec sa nouvelle gare de transit lumineuse, par opposition à la gare de la Museumsstrasse, très sombre.

Grandes fenêtres

Plus les fenêtres d'une pièce sont grandes, plus la lumière naturelle qui y pénètre est abondante – avec des conséquences positives sur la consommation d'énergie de l'éclairage artificiel. Ce principe s'applique également aux pièces sans régulation de l'éclairage: des mesures prouvent que même dans les pièces où l'éclairage est activé manuellement, la lumière artificielle présente des durées de fonctionnement nettement plus courtes. Les aspects importants du vitrage sont les suivants: degrés de transmission élevés (> 80%), aucun vitrage de protection solaire si possible, puits de lumière à prévoir partout où cela est possible (ils apportent jusqu'à 100% de plus de lumière naturelle que les fenêtres latérales). Les fenêtres allant jusqu'au sol ne permettent aucune utilisation supplémentaire de la lumière naturelle. Au contraire, elles peuvent accroître le besoin en énergie de chauffage et conduire à une surchauffe en été. Le refroidissement alors nécessaire est très gourmand en énergie.

Faible urbanisation

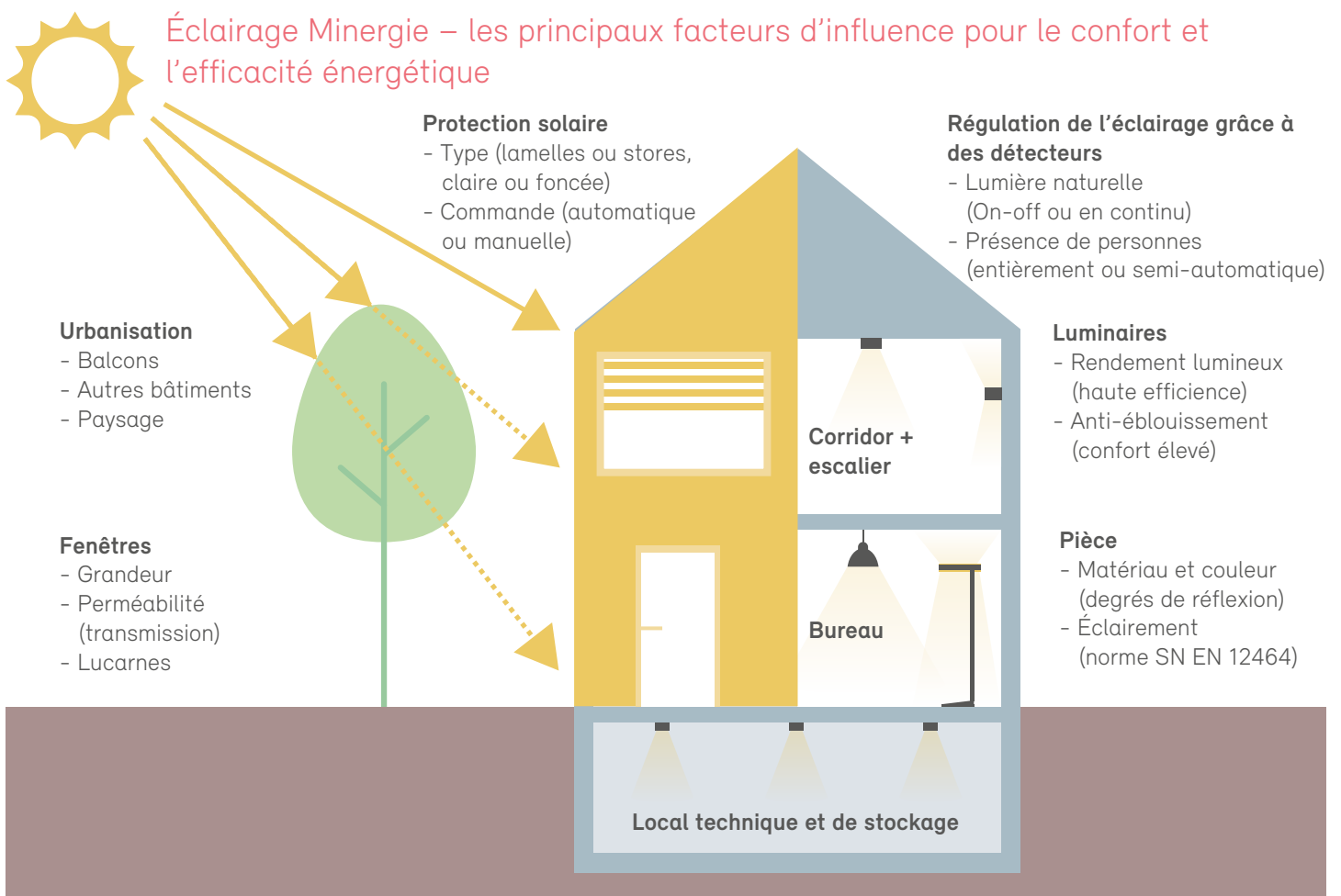
Les bâtiments proches, les arbres et les collines influent fortement sur l'utilisation de la lumière naturelle dans des bâtiments. Étant donné qu'un maître d'ouvrage peut rarement avoir de l'influence sur de telles conditions, une exigence énergétique générale concernant l'éclairage est impossible. Les exigences de Minergie prennent cela en compte et définissent des valeurs limites individuelles adaptées aux possibilités pour l'éclairage.

Protection solaire optimale

Si l'on souhaite obtenir un éclairage efficace, une chose est sûre: la meilleure protection solaire, c'est de ne pas en avoir! Si l'on considère la question du confort, ce principe n'est toutefois pas envisageable, car il expose les occupants à l'éblouissement et à la surchauffe. Des lamelles claires et mobiles, par exemple, offrent une protection solaire optimale. En position inclinée, elles orientent la lumière naturelle vers l'arrière de la pièce. Un système de réglage permet d'orienter les lamelles en fonction de la position du soleil et d'optimiser ainsi la pénétration du rayonnement dans la pièce. Des solutions de protection solaire décentralisées induisent malheureusement souvent des consommations d'énergie accrues de l'éclairage artificiel.

Régulation de l'éclairage

La régulation de l'éclairage est commandée via des capteurs. Dans la pratique, on utilise la plupart du temps des détecteurs combinés de présence et de lumière naturelle (PIR). D'un point de vue physique, cette solution intégrée n'est pas optimale, car la lumière naturelle et le mouvement des personnes doivent être détectés en différents points. L'efficacité des détecteurs et de la régulation dépend largement de leur réglage approprié lors de la mise en service. Les exigences pour une bonne régulation de l'éclairage sont les suivantes: bonne planification des zones de détection, mise en service correcte des détecteurs et réduction au minimum des délais de désactivation (de 15 à 2-5 min.).



Comprendre la lumière

Du point de vue physique, la lumière est une onde électromagnétique. Dans la bande de fréquences de toutes les sources de rayonnement, la lumière se classe entre les rayons X (au-dessus du rayonnement ultraviolet) et les micro-ondes ou ondes radio (en dessous du rayonnement infrarouge). La lumière blanche se compose des différentes couleurs de la lumière. Dans un prisme ou dans un arc-en-ciel, on perçoit les différentes couleurs: le spectre s'étend du violet au rouge en passant par le bleu, le vert, le jaune et le orange, toujours dans cet ordre.

Plus de 90% de nos perceptions se produisent via nos yeux. Pour identifier notre environnement et pour nous orienter, nous avons besoin de lumière. De la détection d'un objet jusqu'à la perception et à l'action de la lumière, un processus complexe se déroule dans le cerveau humain:

- Objet: la condition de la vision est un objet éclairé
- Vision: l'œil produit une image inversée sur la rétine, de 130 mégapixels
- Perception: transmission en temps réel de l'image au cerveau, stockage et traitement
- Association: comparaison de l'image avec d'autres images stockées et interprétation
- Action biologique: influence du métabolisme et de l'équilibre hormonal

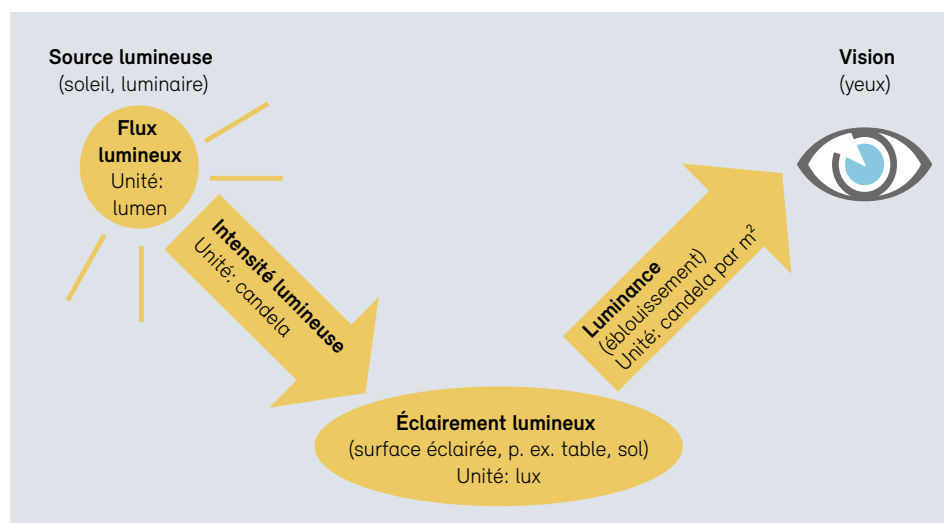
Performances remarquables

La capacité de notre œil et du «centre de traitement des données» qui y est rattaché dans le cerveau est remarquable. À l'inverse des meilleurs appareils photo numériques, nous pouvons par exemple traiter une gamme de luminosité de 1 à 1 million (faible clair de lune jusqu'à pleine lumière du soleil) en temps réel (tableau 1). Au quotidien, lorsque nous avons affaire à de la lumière, achetons une lampe ou un luminaire, planifions un éclairage, utilisons la lumière naturelle ou nous en protégeons, nous avons besoin de quatre grandeurs physiques différentes pour la mesure et l'évaluation:

- Flux lumineux (lumen): quantité de lumière non orientée d'une source lumineuse
- Intensité lumineuse (candela): lumière orientée
- Éclairement lumineux (lux): grandeur de mesure p. ex. pour les postes de travail
- Luminance (candela par m²): éblouissement par une source lumineuse ou une surface réfléchissante

Tableau 1: Niveau d'éclairage dans différentes situations

Pleine lumière du soleil	100 000 Lux
Journée grise	20 000 Lux
Bureau, poste de travail	500 Lux
Séjour	100 Lux
Faible clair de lune	0.1 Lux



Interaction entre les quatre unités définissant la lumière.

Potentiel d'économie

La part de l'éclairage dans la consommation d'électricité totale de Suisse s'élève à 12,4%, soit une valeur de 7200 GWh rien qu'en 2016. Il convient de différencier trois marchés de l'éclairage:

- Industrie et services: 71%
- Éclairage domestique: 19%
- Éclairage public: 10%

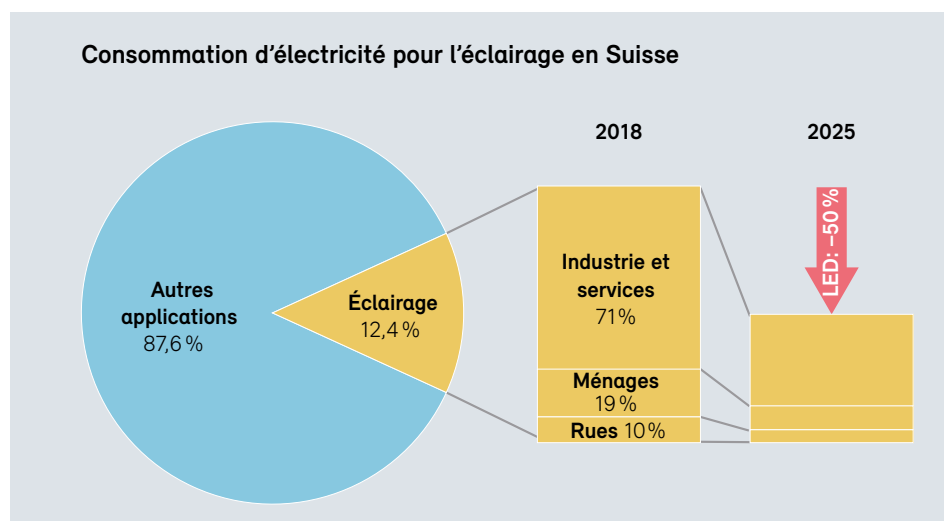
À l'inverse de ce que l'on pourrait penser, les ménages et l'éclairage public consomment relativement peu d'énergie. La principale quantité revient à l'industrie et aux entreprises de services (bureaux, écoles, vente, hôpitaux etc.), le secteur de la vente représentant à lui seul environ un tiers de ce total.

Le tournant technologique en faveur des LED renferme un énorme potentiel d'économie: les experts considèrent que grâce au remplacement successif d'anciens moyens d'éclairage (notamment les lampes fluorescentes et halogènes) par des LED et à l'utilisation d'une régulation appropriée de la lumière, la part de consommation liée à l'éclairage sera diminuée par deux d'ici à 2025. Cela permettra d'économiser jusqu'à 6% de la totalité de la consommation électrique en Suisse – soit la moitié de la production d'énergie de la centrale nucléaire de Gösgen.

Grand potentiel

Des produits de substitution LED sont aujourd'hui disponibles pour presque toutes les applications d'éclairage. Dans les nouvelles installations, on note toutefois une grande disparité entre les applications professionnelles (services et industrie) et les applications destinées aux ménages et aux petites entreprises: tandis que la plupart des éclairages professionnels sont équipés de LED, une nouvelle lampe sur deux est encore une lampe halogène dans les ménages et les petites entreprises.

Aucun autre secteur de consommation d'énergie ne permet d'atteindre actuellement une aussi bonne efficacité énergétique que celui de l'éclairage. En 2016, à peine 16% de toutes les installations d'éclairage étaient équipées de LED. La diminution de la consommation électrique globale en Suisse pourrait donc principalement dépendre du succès du secteur de l'éclairage. De telles économies ne vont malgré tout pas de soi. Les nombreuses possibilités de la technologie LED suscitent également de nouvelles convoitises. Les façades et penderies éclairées sont de plus en plus fréquentes, ce qui induit un effet de rebond. C'est pourquoi il convient de réfléchir à la manière de contrer cet effet de rebond.



La transformation des LED

La lampe à incandescence classique a été inventée par Thomas Edison vers 1880. Elle continue d'exister aujourd'hui encore, notamment sous une forme perfectionnée apparue ultérieurement, la lampe halogène. Vers 1930, la lampe fluorescente (également appelée tube néon) a vu le jour. Presque toutes les lampes utilisées jusqu'en 2000 existaient soit sous forme de lampes à incandescence (corps thermorayonnants), soit sous forme de lampes fluorescentes (lampes à décharge). Les premières lampes LED (blanches) ont vu le jour il y a près de 20 ans, et ont apporté un tout nouveau genre de produc-

tion lumineuse. Jadis un coûteux produit de niche, la LED fait partie aujourd'hui de l'état de la technique. Son efficacité est dix fois supérieure à celle des lampes à incandescence, et deux fois plus élevée que celle des lampes fluorescentes. Les prix ont fortement chuté, tandis que la qualité de la lumière reste élevée. Du point de vue physique, la lampe LED est l'inverse de la cellule solaire. Pour cette dernière, la lumière tombe sur une plaque et est transformée en courant continu, tandis que le semi-conducteur de la lampe LED, lui, émet de la lumière lorsqu'on y achemine du courant continu.

Les techniques du photovoltaïque et des LED sont apparentées sur le plan de la physique.

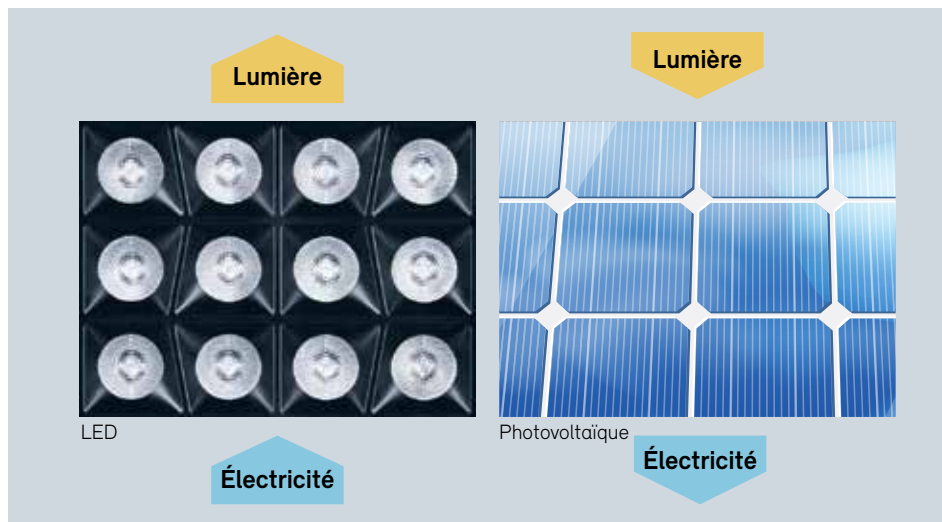


Tableau 2: Comparaison des caractéristiques des 3 technologies de luminaires

	Lampes à incandescence	Lampes fluorescentes	Diodes électroluminescentes LED
Principe physique	Fil incandescent (soleil)	Décharge contrôlée (orage)	Semi-conducteur (électronique)
Efficacité (lm/W)	10 à 20	40 à 100	80 à 160
Durée de vie (h)	1000 à 2000	3000 à 15 000	15 000 à 100 000
Rendu des couleurs	Très bon	Moyen	Bon
Spectre visible	En continu (part élevée de rouge)	Partiel (différentes couleurs)	En continu (pointe vers le bleu)
Température de couleur	Blanc chaud	Blanc chaud, neutre, lumière naturelle	Tous les tons de blanc, également modulable
Composants (choix)	Verre, tungstène, fer → ordures ménagères	Verre, matière synthétique, phosphore, mercure, électronique → Déchets spéciaux	Verre, matière synthétique, phosphore, terres rares, électronique → déchets électroniques
Risques	Surchauffe et danger d'incendie, consommation d'énergie élevée	Qualité lumineuse réduite, rayonnement électromagnétique, mercure	Part de lumière bleue, terres rares, effet de rebond
Avenir	Produit de niche	Aucun à moyen terme	Dominant à moyen terme

Ampoule LED de substitution

Dans la plupart des nouveaux luminaires LED, l'ampoule et l'abat-jour sont solidement reliés. Le remplacement d'une ampoule défectueuse n'est donc pas une tâche facile. Pour les luminaires existants, il existe une alternative aux luminaires LED complets, appelée lampes LED de substitution. Il s'agit de lampes LED ayant la forme de lampes à incandescence, de spots ou d'autres tubes.

Dans les variantes avec gradateur, on notera que:

- Seuls les types de lampes expressément indiqués comme tels sont graduables.
- Les anciens variateurs de lampes à incandescence sont parfois incompatibles avec de nouvelles lampes LED.
- La coloration rouge typique de la lumière lors de la variation de lampes halogènes est obtenue avec des lampes LED portant la désignation «Dim to Warm».

Lampe à incandescence est de retour, avec des filaments LED



En tant qu'alternative efficace à la lampe halogène et à incandescence, on dispose aujourd'hui d'une ampoule LED à filament à peine différente d'une lampe à incandescence en apparence, et permettant de réaliser une économie d'énergie pouvant atteindre les 90%. Dans tous les luminaires dotés des culots traditionnels «E14» et «E27», des ampoules à filaments LED peuvent être utilisées en remplacement des ampoules à incandescence, halogènes et à économie d'énergie.



Spots – Vérifier la graduabilité

Dans les ménages, mais aussi dans les entreprises industrielles, on utilise des spots halogènes haute ou basse tension. Un remplacement par des ampoules à filament LED est extrêmement rentable, notamment dans l'industrie.

Tubes – Pour les zones de passage et les pièces annexes

En remplacement des tubes fluorescents, des tubes LED peuvent être utilisés et insérés dans les armatures existantes. Étant donné que la lumière du tube LED ne rayonne généralement pas autour de lui, mais plutôt de manière unilatérale, le rendu d'éclairage de la pièce change. Cela signifie une augmentation supplémentaire de l'efficacité, car aucune lumière inutile n'est dirigée vers le plafond. La recommandation de tubes LED dépend de l'utilisation de la pièce:

- **Recommandés** dans des garages, des zones de passage, des entrepôts et des halles de production simples.
- **Non recommandés** dans des locaux ayant des exigences accrues en termes de confort visuel, p. ex. les bureaux, les salles de classe, les hôpitaux, les locaux de vente, la production.



Tableau 3: Aperçu des lampes LED de substitution

	Filament LED	Spot LED	Tubes LED
Puissance	6,5 W	4,3 W	15 W
Remplacé	60 W (lampe à incandescence)	50 W (halogène)	36 W (phosphore)
Flux lumineux	806 lm	350 lm	2400 lm
Efficacité énergétique	124 lm/W	81 lm/W	160 lm/W
Économie	- 89%	- 91%	- 58%
Classe d'efficacité	A++	A+	A++
Température de couleur	2700 K	2700 K	4000 K
Durée de vie	> 15 0000 h	> 15 0000 h	> 30 0000 h
Prix	< 10 Fr.	< 10 Fr.	15 à 50 Fr.

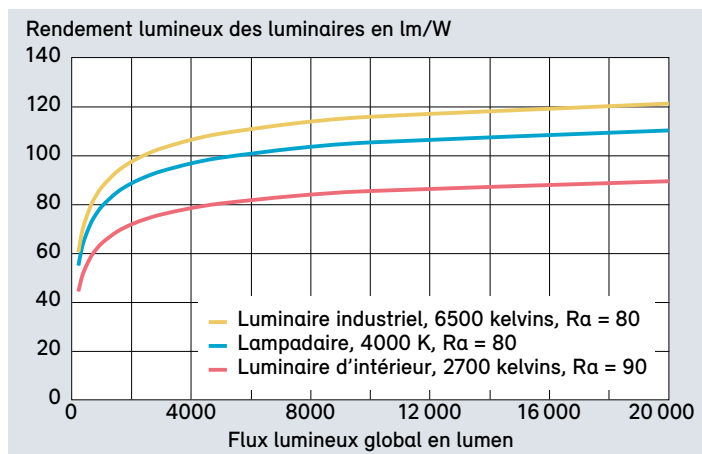
Luminaire Minergie

Si l'on souhaite installer un éclairage de haute qualité, il faut opter pour un luminaire dans lequel tous les composants (LED, optique, boîtier, électronique) sont adaptés les uns aux autres de manière optimale. Toutefois, le remplacement de certaines pièces n'est plus aussi simple que dans les lampes halogènes ou fluorescentes. La durée de vie d'un bon luminaire LED est très élevée, et se monte aujourd'hui à 50 000 heures en moyenne. Si l'on considère une durée de combustion annuelle de 2000 heures, cela correspond à 25 ans. Lors de l'achat d'un nouveau luminaire LED, il est important de choisir un produit de bonne qualité. Minergie a créé, il y a dix ans, un module à ce sujet, conjointement avec l'Agence suisse pour l'efficacité énergétique S.A.F.E. et l'industrie. L'objectif de ce label module est de promouvoir non seulement l'efficacité énergétique, mais aussi la haute qualité des luminaires.

Critères de qualité

- Fabricant avec un standard de qualité certifié
- Luminaires avec des mesures dans des laboratoires accrédités (conformément à EN ISO/IEC 10025)
- Description complète et homogène de toutes les caractéristiques pertinentes des luminaires (notamment la courbe de distribution de la lumière et l'éblouissement)
- Longue durée de vie (> 50 000 heures)

Exigences d'efficacité en relation avec le flux lumineux pour 3 types d'ampoules à titre d'exemple.



- Haute efficacité énergétique (étagée selon les applications)
- Faible consommation en veille (< 0,5 W)

Exigences d'efficacité

Les exigences en matière d'efficacité énergétique des luminaires Minergie ont été adaptées à l'évolution technique. En 2007, les exigences étaient comprises entre 50 et 70 lm/W selon le type d'ampoule et de luminaire. Le meilleur luminaire était répertorié avec 84 lm/W. Grâce au bouleversement technologique induit par les LED, l'efficacité a considérablement augmenté: en 2018, le rendement lumineux du meilleur luminaire Minergie était de 169 lm/W. Toutefois, il ne suffit pas de viser une haute efficacité. Selon la typologie, les valeurs minimales pertinentes varient fortement, et notamment entre 50 et 120 lm/W pour les luminaires Minergie actuels. D'autres facteurs déterminent les exigences en termes d'efficacité:

- Flux lumineux (lumen): plus il est important, plus le potentiel d'efficacité est élevé
- Rendu des couleurs (Ra): plus il est important, plus le potentiel d'efficacité est faible
- Température de couleur (kelvin): plus elle est chaude, plus le potentiel d'efficacité est faible

Luminaires sur [toplicht.ch](http://www.toplicht.ch)

www.toplicht.ch répertorie tous les luminaires Minergie certifiés. Les centaines de luminaires indiqués proviennent d'environ une douzaine de fabricants différents de Suisse, d'Autriche et d'Allemagne. Pour chaque luminaire, vous pouvez télécharger la fiche technique standardisée et le fichier de mesure (ldt), ce dernier pouvant être directement utilisé dans le logiciel de planification Relux Desktop (à télécharger sur www.relux.com). Les luminaires peuvent être filtrés et comparés selon divers critères de sélection.

Sélection de luminaires modulaires Minergie

Marque:
 Regent Lighting
 Modèle:
 Matrix led
 Type de luminaire:
 Spot
 Puissance:
 29 W
 Flux lumineux:
 3400 lm
 Rendement lumineux:
 117 lm/W
 Certificat:
 Re-0112



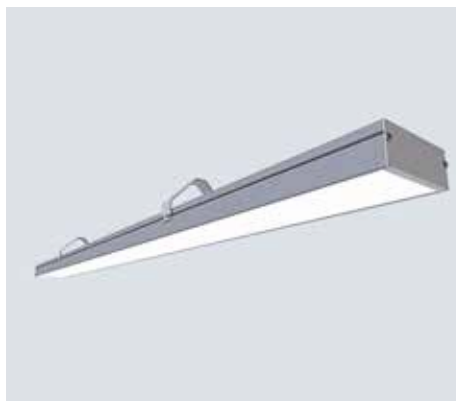
Marque:
 Zumtobel
 Modèle:
 Panos infinity
 Type de luminaire:
 Downlight
 Puissance:
 16 W
 Flux lumineux:
 2000 lm
 Rendement lumineux:
 121 lm/W
 Certificat:
 Zu-0607



Marque:
 Waldmann
 Modèle:
 Ataro led
 Type de luminaire:
 Suspension
 Puissance:
 61 W
 Flux lumineux:
 6624 lm
 Rendement lumineux:
 109 lm/W
 Certificat:
 Wa-0031



Marque:
 S-TEC
 Modèle:
 Eigerlight pilatus
 Type de luminaire:
 Plafonnier
 Puissance:
 61 W
 Flux lumineux:
 7395 lm
 Rendement lumineux:
 121 lm/W
 Certificat:
 S-Tec-0007



Marque:
 Zumtobel
 Modèle:
 Craft
 Type de luminaire:
 Luminaire industriel
 Puissance:
 185 W
 Flux lumineux:
 25 000 lm
 Rendement lumineux:
 135 lm/W
 Certificat:
 Zu-0737



Marque:
 Zumtobel
 Modèle:
 Amphibia
 Type de luminaire:
 Luminaire pour salle
 de bain
 Puissance:
 41 W
 Flux lumineux:
 6390 lm
 Rendement lumineux:
 155 lm/W
 Certificat:
 Zu-0750



Marque:
 Baltensweiler
 Modèle:
 Fez
 Type de luminaire:
 Luminaire d'intérieur
 Puissance:
 35 W
 Flux lumineux:
 3187 lm
 Rendement lumineux:
 92 lm/W
 Certificat:
 Ba-0009

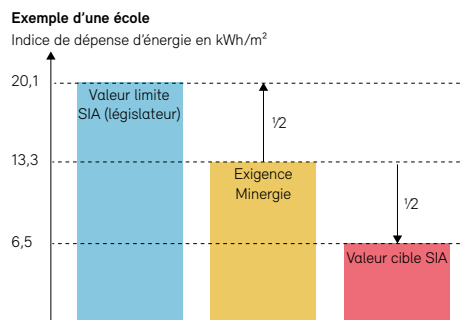


Marque:
 Neuco
 Modèle:
 Eco b
 Type de luminaire:
 Lampadaire
 Puissance:
 83 W
 Flux lumineux:
 12 950 lm
 Rendement lumineux:
 157 lm/W
 Certificat:
 Ne-0091



L'éclairage intérieur

La norme SIA 387/4 (Électricité dans le bâtiment – Éclairage) décrit le procédé de calcul du besoin en énergie pour l'éclairage et définit des exigences sous forme de valeurs limites et de valeurs de consigne. Tandis que le législateur (MoPEC 2014) exige le respect de la valeur limite, il convient, dans les constructions Minergie, de respecter la valeur moyenne entre la valeur limite et la valeur de consigne. L'exigence Minergie se situe, selon les bâtiments, en moyenne 30% en dessous de la valeur limite SIA.



Champ d'application

(Règlement Minergie 2018)

- Tous les labels Minergie
- Toutes les catégories de bâtiment
- Constructions nouvelles et rénovations

Dans certains cas, on peut renoncer au calcul du besoin énergétique selon SIA 387/4. On utilise alors dans le formulaire de certification Minergie des valeurs standard pour l'éclairage.

- Immeubles d'habitation
- Bâtiments industriels avec une surface de référence énergétique inférieure à 250 m²
- Changements d'affectation des immeubles d'habitation en bâtiments industriels avec un éclairage mobile
- Rénovations sans remplacement de l'éclairage

Justificatif énergétique

Pour établir le justificatif énergétique, les documents suivants sont nécessaires:

- Plans (avec les positions des luminaires et les détecteurs de lumière) et schémas en coupe
- Liste des luminaires (avec désignations de type et puissances de raccordement)
- Autres indications sur la luminosité de la pièce, sur les fenêtres (surface et transmission), et sur la protection solaire (type, couleur et régulation)

Procédure et calcul

1. Division du bâtiment en zones

Selon l'utilisation, les exigences en matière d'éclairage lumineux et les possibilités d'utilisation de la lumière naturelle varient. C'est pourquoi le besoin en électricité, à l'inverse du besoin en chaleur, est déterminé séparément pour chaque zone. Avant le calcul, un bâtiment doit être divisé en zones d'utilisation similaire. Pour limiter la complexité du calcul, les zones ayant un faible besoin en énergie peuvent être regroupées.

2. Calcul de la valeur du projet

La somme des puissances des luminaires utilisés et leurs durées de fonctionnement (heures de pleine charge) donne le besoin énergétique par zone. La somme de toutes les valeurs d'énergie et de puissance donne le besoin en énergie et en puissance total d'un bâtiment. Les puissances requises sont déterminées par le planificateur de l'éclairage. Pour les heures de service, la norme SIA 387/4 met à disposition un procédé de calcul.

3. Comparaison avec les exigences

Tout comme le calcul du besoin, les exigences (valeur limite et de consigne SIA ou Minergie) sont également calculées séparément pour chaque zone en fonction des conditions d'utilisation. L'extrapolation, pondérée selon la surface, au bâ-

1. Division du bâtiment en zones

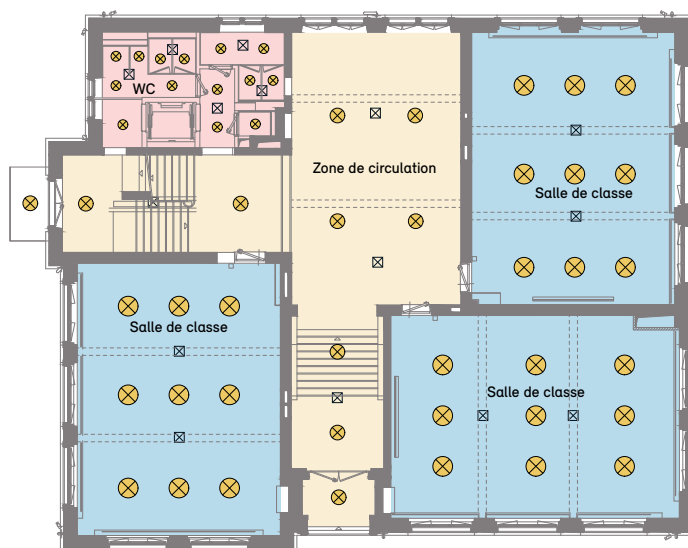
École Bläsi
Plan rez-de-chaussée

Utilisations

- Salle de classe
- Zone de circulation
- WC/local de nettoyage

Luminaires

- Luminaire A
- Luminaire B
- Luminaire C
- Capteurs de lumière



2. Calcul de la valeur du projet

Utilisation	Surface nette m ²	Puissance kW	Heures à pleine charge h/a	Besoin en énergie kWh/a
Salle de classe	1215	5,7	1016	5800
Zone de circulation	561	1,7	632	1100
Locaux annexes	437	1,0	937	900
Salle des enseignants	102	0,4	669	300
Vestiaires	78	0,2	884	200
WC	64	0,7	533	400
Bureau	84	0,5	884	400
Bibliothèque	26	0,2	2215	400
Cuisine	30	0,5	1250	600
Résultat total	2597	10,9	922*	10 100

* Quotient issu du besoin en énergie et de la puissance

3. Comparaison avec les exigences

Utilisation	Surface nette m ²	Valeur de projet kWh/m ²	Valeur limite SIA kWh/m ²	Minergie kWh/m ²
Salle de classe	1215	4,8	18,3	12,4
Zone de circulation	561	2,0	5,7	3,4
Locaux annexes	437	2,1	5,7	3,5
Salle des enseignants	102	2,9	10,8	6,9
Vestiaires	78	2,6	7,7	5,1
WC	64	6,2	10,9	7,0
Bureau	84	4,8	21,5	13,7
Bibliothèque	26	15,5	11,6	7,8
Cuisine	30	20,0	6,7	4,2
Résultat total	2597	3,9	12,6	8,3

timent tout entier, donne l'exigence totale. Celle-ci est propre à chaque bâtiment. À noter: la norme SIA calcule le besoin énergétique sans pondération et rapporté à la surface nette éclairée. Pour Minergie, une conversion à des valeurs pondérées et la référence à la surface de référence énergétique sont nécessaires.

Valeurs d'exigence typiques

Les exigences de la norme SIA 387/4 sont définies par zones et sont extrapolées à tout le bâtiment. De nombreux bâtiments, notamment les plus simples, sont toutefois très similaires en termes d'équipement et de conditions d'utilisation. Dans l'hypothèse de configurations définies, des indices énergétiques typiques de l'éclairage peuvent être calculés pour les 12 catégories de bâtiment.

Le graphique en barres montre les indices énergétiques pour la valeur limite SIA (exigences légales selon MoPEC 2014) ainsi que les exigences pour les bâtiments Minergie, pondérées avec le coefficient de puissance 2 et rapportées à la surface de référence énergétique (hypothèse: surface de référence énergétique = surface nette éclairée fois 1,25).

Outils de calcul

Pour le calcul du besoin énergétique et la comparaison avec les exigences, on dispose de différents outils informatiques:

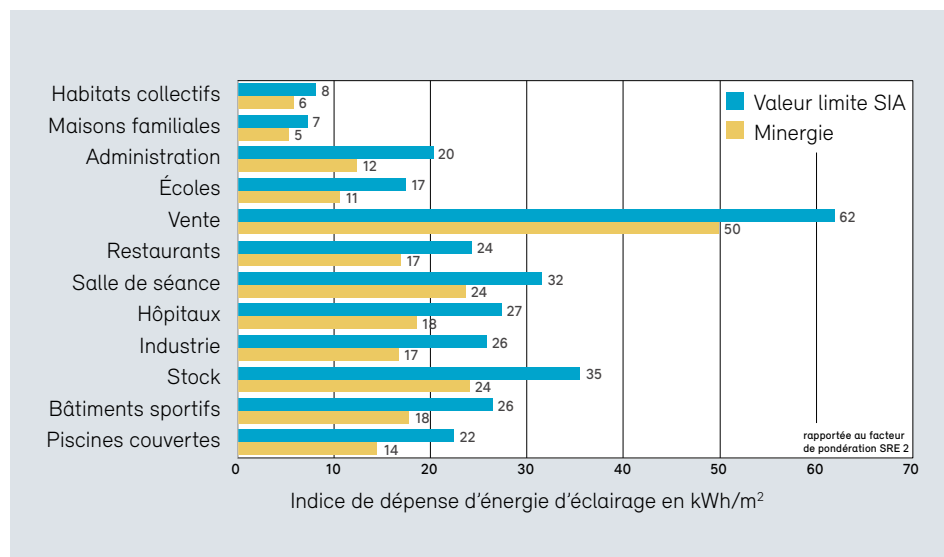
ReluxEnergyCH

Lorsque la planification de l'éclairage est réalisée avec Relux Desktop, les données peuvent être directement utilisées, via la fonction d'exportation, dans le justificatif énergétique (SIA 387/4 et Minergie). ReluxEnergyCH est approprié pour des objets moyens et grands ainsi que pour les planificateurs qui réalisent souvent des simulations d'éclairage. Le logiciel Windows payant (allemand, français) peut être téléchargé sur www.relux.com.

Lighttool

Début 2019, un outil en ligne gratuit sera disponible sur www.lighttool.ch pour le justificatif énergétique. Il est approprié pour des projets relativement simples ainsi que pour les planificateurs qui ne doivent établir un justificatif d'éclairage que de façon ponctuelle. Le calcul du Lighttool suit précisément la norme SIA. La standardisation de certaines conditions d'utilisation permet toutefois de simplifier considérablement l'utilisation. Langues: allemand, français et italien.

Exigences standard de l'éclairage pour Minergie et valeur limite SIA



Exemple: école Bläsi

Dans les bâtiments publics (constructions nouvelles et transformations), la ville de Zurich convertit les installations d'éclairage au label Minergie, même si une certification de l'ensemble du bâtiment n'est pas réalisable en raison de prescriptions relatives à la protection du patrimoine. Le respect des exigences d'éclairage est contrôlé de manière cohérente dans tous les bâtiments.

La rénovation de l'école «Bläsi» en est un bon exemple. Le bâtiment datant de 1907 a été totalement remis à neuf en 2015 et l'éclairage a fait l'objet d'une nouvelle planification. Les nouveaux luminaires devaient être similaires à l'éclairage originel des salles de classe, avec des luminaires de plafond ronds suspendus, mais les prescriptions actuelles en termes d'éclairage lumineux, de répartition de la lumière et d'éblouissement devaient correspondre. La prescription énergétique pour l'éclairage était le label Minergie. Une mise en service impeccable des luminaires et des détecteurs ainsi que la mesure consécutive de la consommation d'énergie faisaient partie intégrante de la rénovation de l'éclairage.

Établissement du justificatif énergétique

Dès une phase de planification précoce, le certificat énergétique a été établi, puis a été actualisé au fil de la planification et de l'exécution, et après la mise en service, a été établi dans l'état de l'installation effectivement réalisée. Cette actualisation multiple est intéressante lorsque l'on cherche à optimiser l'installation d'éclairage, mais ne correspond toutefois pas au label dans de nombreux projets de construction. Le justificatif présenté dans le chapitre précédent reflète la phase d'exploitation de l'école Bläsi: l'indice énergétique de la valeur du projet (réalisée), de $6,2 \text{ kWh/m}^2$, est nettement inférieure à l'exigence Minergie de $13,3 \text{ kWh/m}^2$ – et ce, grâce à une optimisation cohérente.

Mise en service des luminaires

Le bâtiment est en grande partie équipé de suspensions de type «Arno» de la société Licht + Raum AG. Avec une puissance électrique de 83 W et un flux lumi-



Vue extérieure du bâtiment scolaire Bläsi rénové à Zurich-Höngg.

neux de 7500 lm, ils atteignent un rendement lumineux de 90 lm/W – une très bonne valeur à ce jour. Avec la technologie de luminaires actuelle, elle serait de 130 lm/W. Étant donné que le positionnement des luminaires doit prendre en compte les conditions architecturales et les conditions de lumière, on obtient selon les pièces une luminosité fortement variable. Grâce à l'équipement avec des régulateurs de puissance à variateur, il a été possible, lors de la mise en service, de régler individuellement chaque luminaire, de sorte que l'éclairage lumineux requis est obtenu conformément à l'utilisation effective (salle de classe, couloir, salle des enseignants, salle polyvalente). Grâce à ce réglage, la puissance installée a pu être réduite de 16,8 à 10,9 kW, ce qui correspond à une économie d'énergie de 35 %.

Mise en service des détecteurs

Dans l'ensemble du bâtiment, des détecteurs de présence et de lumière naturelle combinés sont installés. Dans les zones de passage (couloirs, WC, pièces annexes),

ils fonctionnent de manière entièrement automatique: en présence d'une lumière naturelle suffisante ou en l'absence de personnes, la lumière s'éteint automatiquement, et se rallume à nouveau en présence de personnes ou si la lumière naturelle est trop faible. Dans les salles de classe, l'éclairage est semi-automatique, c'est-à-dire que seule la désactivation s'effectue avec la régulation – l'activation doit être réalisée manuellement.

Un facteur d'efficacité important est le délai de désactivation lorsque la présence de personnes n'est plus détectée ou en présence d'une lumière naturelle suffisante.

Tandis que ce délai, dans la plupart des bâtiments, est de 15 minutes, il a été réduit à 5 minutes dans l'école Bläsi. Cela représente une économie d'environ 20 %. S'il avait été réduit à 2 minutes, on aurait obtenu une réduction supplémentaire de 20%!

Bilan de l'optimisation

Grâce au réglage des luminaires à la bonne intensité d'éclairage et au réglage des détecteurs de lumière avec un délai



Vue intérieure d'une salle de classe avec suspensions «Arno».

de désactivation raccourci, la consommation d'énergie pour l'éclairage est réduite de plus de 50 % – dans l'école Bläsi, elle passe de 13,3 à 6,2 kWh/m². Des mesures ont montré que les valeurs calculées sont également réalisées dans la pratique.

Aucune perte en termes de performance!

Pour vérifier la consommation d'énergie effective de l'éclairage, un compteur d'énergie séparé a été installé. Étant donné que les réseaux électriques ne sont généralement pas répartis en groupes de consommateurs, l'acheminement séparé des lignes électriques pour l'éclairage a induit des dépenses supplémentaires en termes d'installations techniques. Pendant un an, la consommation d'énergie a

été enregistrée. Stockées à intervalles de 5 minutes, on a obtenu environ 100 000 valeurs de mesure qu'il a fallu analyser et interpréter. Le graphique représente des valeurs hebdomadaires. On y voit notamment la baisse de consommation d'énergie pendant les vacances scolaires, en plus des variations saisonnières et dues aux conditions météorologiques.

La comparaison du calcul et de la mesure montre un étonnant résultat: considérés sur l'année entière, les chiffres sont quasiment identiques. Grâce à cette précision, on peut considérer que le hasard a joué un rôle jusqu'à un certain point. Toutefois, les chiffres montrent que le modèle de calcul de la norme SIA 387/4 permet d'effectuer des calculs très précis.

Équipe du projet

Mandant: Ville de Zurich, Office de l'industrie des bâtiments

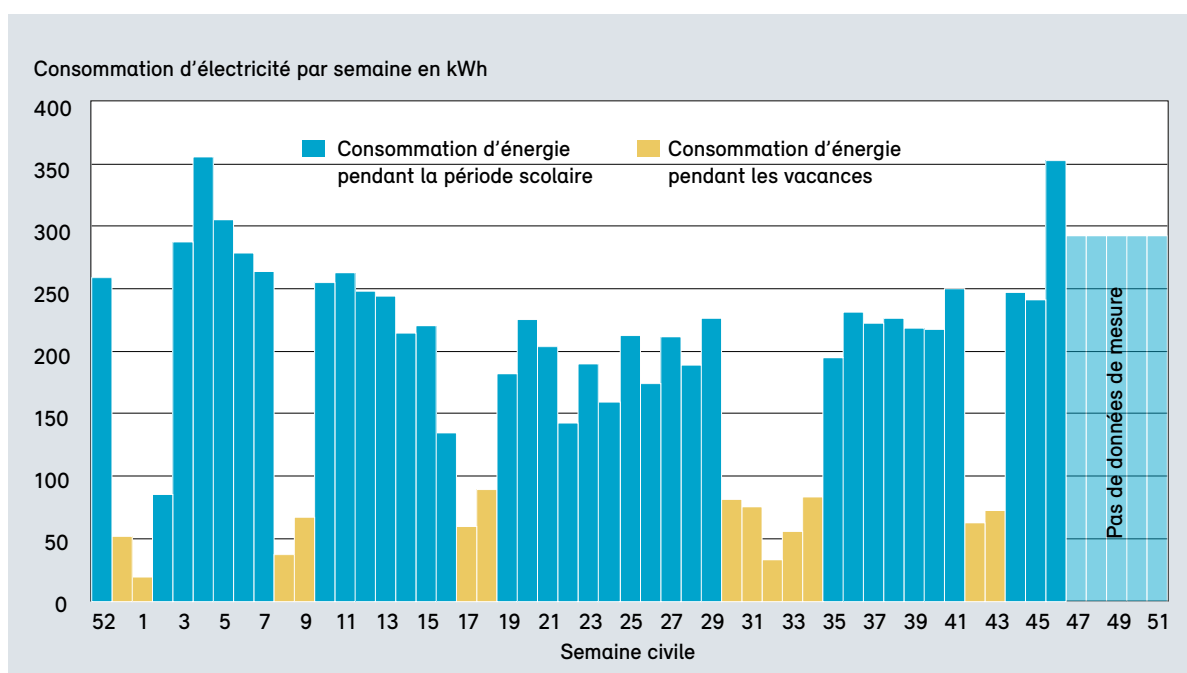
Architectes: Horisberger Wagen Architekten

Planificateur électrique: Walter Salm, Meier & Partner AG

Mesures: elight GmbH

Tableau 4: Comparaison mesure - calcul

		Valeur de mesure	Valeur de calcul
Consommation d'énergie	MWh/a	10,2	10,1
	kWh/m ²	3,9	3,9
Puissance installée	kW	8,4	10,9
	W/m ²	3,2	4,2
Heures de pleine charge	h/a	1220	922
Surface éclairée	m ²	2597	2597



Mesure de la consommation d'électricité pour l'éclairage dans le bâtiment scolaire Bläsi.

Plus d'infos

Minergie Suisse

Depuis 1998, Minergie est le label suisse dédié au confort des bâtiments, à l'efficacité énergétique et au maintien de la valeur du patrimoine immobilier. Le label de qualité pour les nouvelles constructions et les rénovations comprend toutes les catégories de bâtiments. Les objectifs sont un confort maximal dans les lieux d'habitation et de travail, une consommation de chaleur et d'électricité basse et un maintien de la valeur à long terme. L'attention est portée sur une enveloppe de bâtiment de grande valeur, un renouvellement d'air contrôlé et un approvisionnement efficient avec des énergies renouvelables.

La marque comprend les trois labels Minergie, Minergie-P et Minergie-A ainsi que le complément ECO. Minergie-P désigne les constructions à très basse consommation d'énergie et Minergie-A les bâtiments à énergie positive. Le complément ECO peut être combiné avec tous les standards et désigne les bâtiments pour lesquels les aspects en lien avec la santé et l'écologie de la construction sont également pris en compte. Minergie couvre ainsi les critères importants en matière de construction durable: confort, maintien de la valeur, efficacité énergétique, écologie de la construction et santé. Deux produits complémentaires garantissent la qualité de la construction et de l'exploitation. Le label convient tant pour les constructions

pionnières novatrices que celles destinées au grand public.

Vous trouverez plus d'informations et des brochures sur les labels de construction et les produits complémentaires de Minergie sur www.minergie.ch.

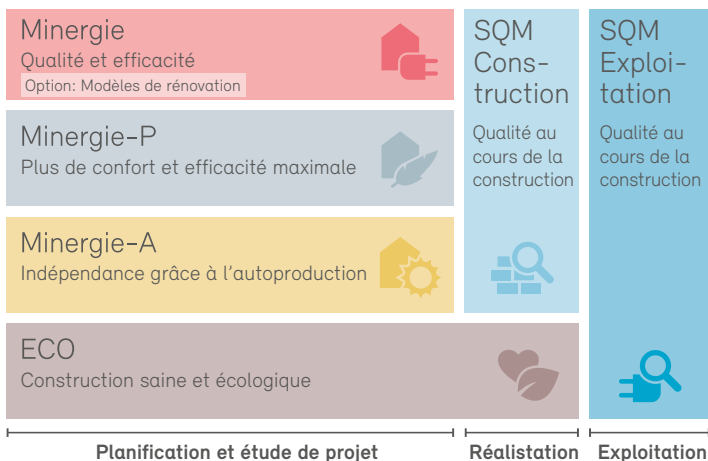
Publications spécialisées

Ouvrage spécialisé «L'éclairage intérieur» (2012, nouvelle édition: 2019, ISBN: 978-3-905711-16-5). À commander chez: Faktor Verlag, Zurich, info@faktor.ch, www.faktor.ch. Téléchargement gratuit sous www.suisseenergie.ch → Formation: toutes les publications

Sites Internet

Des informations complémentaires figurent sur les sites Internet suivants:

- www.toplicht.ch: Liste des luminaires certifiés Minergie et recueil des ouvrages sur la lumière
- www.topten.ch: Les meilleurs lampes et luminaires d'intérieur
- www.energieeffizienz.ch: Site Internet de l'Agence suisse pour l'efficacité énergétique
- www.slg.ch: Association suisse pour l'éclairage (directives, offres de formation continue)
- www.fvb.ch: Association des industries de l'éclairage
- www.relux.com: logiciels pour la planification de l'éclairage à télécharger (y c. Relux EnergyCH, Justificatif énergétique pour Minergie et norme SIA 387/4)
- www.lighttool.ch: Justificatif énergétique simple conformément à SIA 387/4 et Minergie, à partir de 2019
- www.efeled.ch: Programme d'encouragement pour un éclairage efficient dans les projets supérieurs à 2000 m²
- www.minus60.ch: Programme d'encouragement pour un éclairage efficient dans les projets inférieurs à 2000 m²
- www.stadt-zuerich.ch/egt → Directives



Minergie Suisse

Bäumleingasse 22
4051 Bâle

061 205 25 50
info@minergie.ch

Agence Minergie romande

Rue des Pêcheurs 8D / Centre St-Roch
1400 Yverdon-les-Bains

026 309 20 95
romandie@minergie.ch

www.minergie.ch

Leadingpartner Minergie

Partenaire de publication



zumtobel group



always the
best climate



Avec le soutien de

