

# Efficacité énergétique de l'éclairage pour petites et moyennes entreprises



Schweizerische Agentur für  
Energieeffizienz

[ S · A · F · **E** ]

 suisse énergie

# Contenu

<b>1. Introduction</b>	<b>3</b>
Applications classiques	3
<b>2. Contrôle rapide</b>	<b>4</b>
Marche à suivre	4
Commentaires sur les questions	4
Dix questions sur l'éclairage	6
<b>3. Analyse détaillée</b>	<b>7</b>
Marche à suivre en 7 étapes	7
Étape 1: Définir les utilisations et les pièces caractéristiques	8
Étape 2: Répertorier les luminaires et les lampes	9
Étape 3: Mesurer l'éclairement	10
Étape 4: Valeurs de référence pour la puissance installée	11
Étape 5: Utilisation de la lumière naturelle	12
Étape 6: Valeurs de référence pour les heures de pleine charge	12
Étape 7: Bilan énergétique	13
<b>4. Mesures à prendre</b>	<b>14</b>
Remplacement des lampes (retrofit)	14
Adaptation des luminaires existants	14
Installation ou optimisation des commandes d'éclairage	15
Planification générale selon Minergie	15
<b>5. Coûts d'investissement et rentabilité</b>	<b>18</b>
Exemple de calcul	19

## Impressum

Editeur: Office fédéral de l'énergie OFEN

Auteur: Stefan Gasser, Agence suisse pour l'efficacité énergétique S.A.F.E.

Traduction: Ilsegret Messerknecht

Production: Faktor Journalisten AG

Janvier 2011

# 1. Introduction

Ce guide pratique est un outil important pour la rénovation des installations d'éclairage dans les petites et moyennes entreprises. Il y est surtout question des interventions les plus simples (remplacement un pour un de lampes ou de luminaires, ajout de commandes d'éclairage). En revanche, le renouvellement total des installations d'éclairage (avec un nouveau concept d'éclairage) et les installations dans les nouveaux bâtiments ne sont pas abordés dans ce guide pratique; cependant, les éléments essentiels pourront logiquement être appliqués aux constructions neuves.

Le public cible de cette publication sont les services de consultation des compagnies d'électricité, les propriétaires de PME ayant une expérience technique, les administrations communales, les concierges, les électriciens et les planificateurs-électriciens.

## Applications classiques

- Installations scolaires de petite ou moyenne taille
- Petites administrations et petits immeubles de bureaux
- Petits magasins et petites boutiques
- Entreprises artisanales
- Restaurants

- Bâtiments polyvalents entre environ 200 et 2000 m<sup>2</sup> de surface utile.

Nous avons mis au point une vérification de l'éclairage en trois étapes.

**Contrôle rapide:** Il permet de savoir s'il est nécessaire de procéder à une optimisation énergétique de l'éclairage. Ce contrôle rapide peut également être effectué par des non-professionnels.

**Analyse détaillée:** Il s'agit d'établir une analyse de l'état actuel de l'éclairage existant et un bilan énergétique avec un potentiel d'économies. Il est recommandé de faire réaliser cette analyse détaillée par un technicien.

**Planification des mesures:** Une liste de mesures permettant d'utiliser ce potentiel est élaborée. Il est recommandé de confier la planification des mesures à un technicien de l'éclairage.

La vérification de l'éclairage est également destinée aux petites entreprises qui comprennent essentiellement une pièce, par exemple les boutiques, les salons de coiffure, les restaurants. Dans ce genre de magasins, il n'y a pas de division en différents usages et de définition d'espaces caractéristiques car seule une pièce est étudiée tant lors du contrôle rapide que de l'analyse détaillée.



Illustration 1:  
Lampes à incandescence et lampes à décharge

## 2. Contrôle rapide

Le contrôle rapide permet de faire ressortir les besoins fondamentaux en matière de renouvellement de l'éclairage. Un questionnaire a été conçu pour cela: il comprend 10 questions essentielles sur l'éclairage et peut également être utilisé par des non-techniciens. Dans l'idéal, la personne répondant au questionnaire fréquente quotidiennement l'entreprise et le remplit sur place.

### Marche à suivre

**A** Répondez à quelques questions générales sur le bâtiment (Tableau 1):

- surface éclairée
- consommation électrique annuelle
- degré de technicité du bâtiment

**B** Choisissez une pièce caractéristique d'utilisation principale dans le bâtiment; celle-ci doit être représentative de la majorité des autres pièces ou être la plus importante en matière de superficie (p. ex., une salle de classe, un bureau, une surface de vente).

**C** Répondez aux 10 questions sur l'éclairage (Tableau 2, page 6) et indiquez le nombre de points (entre parenthèses) à la dernière ligne sous Pièce 1.

**D** Choisissez une partie caractéristique de la zone de circulation dans le bâtiment; par exemple, un hall d'entrée ou le corridor d'un étage. (Ce point peut être supprimé pour les «établissements d'une seule pièce».)

**E** Répondez aux 10 questions sur l'éclairage (Tableau 2) et indiquez le nombre de points (entre parenthèses) à la dernière ligne sous Pièce 2. (Ce point peut être supprimé pour les «entreprises d'une seule pièce».)

**F** Totalisez le nombre de points pour les deux pièces et comparez-les avec le classement de l'illustration 2.

### Commentaires sur les questions

#### 1. Quantité de lumière (impression subjective)

- Lorsqu'un adulte, dans un bureau ou une salle de classe éclairé par une lumière artificielle, doit faire des efforts pour lire une écriture à la taille 12 sur un fond blanc, l'éclairage est trop sombre.
- S'il fait aussi clair dans un couloir éclairé par une lumière artificielle que dans un bureau ou une salle de classe, l'éclairage est trop clair.

#### 2. Éblouissement (impression subjective)

- Fort: éblouissement direct, gênant des lampes, sans regarder au plafond (p. ex. avec des lampes sans cache, tubes fluorescents ouverts)
- Modéré: éblouissement direct, gênant des lampes en regardant au plafond
- Aucun: lampes avec diffuseur ou largement recouvertes de lamelles.

#### Informations générales sur le bâtiment

Type de bâtiment	
Adresse	
Surface en m <sup>2</sup> (nette, brute ou surface de référence énergétique)	
Consommation électrique en kWh/an (plein tarif et tarif réduit)	
Technicité (faible = sans aération mécanique, moyenne = aération ou climatisation partielle, élevée = climatisation totale)	

Tableau 1: Informations générales sur le bâtiment

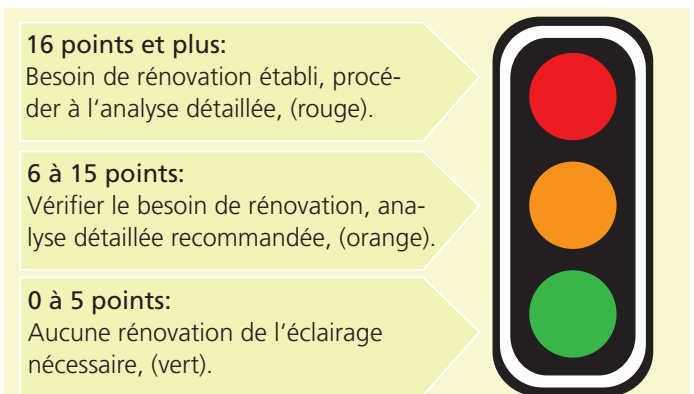


Illustration 2: Classification pour l'évaluation du nombre de points

### 3. Proportion de lampes à incandescence

- Dans la pièce observée, comptez toutes les lampes et répartissez-les entre lampes à incandescence et lampes à décharge (Illustration 1).

### 4. Comportement à l'allumage

- Les lampes à incandescence et les lampes halogènes s'allument pratiquement immédiatement.
- Les lampes à décharge équipées d'un bon ballast électronique ne scintillent pas.
- Les lampes à décharge avec un ballast ferromagnétique scintillent à l'allumage; les vieux ballasts émettent un bourdonnement.

### 5. Diffusion de la lumière

- Si le luminaire diffuse une lumière de manière directe ou mélangée (directe/indirecte), les conditions pour une solution d'éclairage efficace sont bonnes.
- Les luminaires qui émettent plus de 90 % de leur lumière vers le plafond ou qui diffusent la lumière de manière indirecte – p. ex. par une fente dans le plafond – sont souvent très inefficaces.

### 6. Âge des luminaires

- Moins de 5 ans: le remplacement de nouveaux éclairages est généralement inutile. Exception: remplacement de lampes à incandescence ou halogènes par des lampes économiques ou LED ou installation d'une commande d'éclairage.
- Jusqu'à 15 ans: un renouvellement est éventuellement judicieux en association avec différentes insuffisances en matière de technique d'éclairage. Remplacement des lampes comme décrit précédemment.
- Plus de 15 ans: un renouvellement de l'éclairage est souvent judicieux, même s'il y a des exceptions.

### 7. Commande d'éclairage

- 1 Commutateur par pièce: les grands locaux publics devraient être équipés de commutations de zone (plusieurs commutateurs par pièce), afin de pouvoir commuter des postes de travail ou des zones avec ou sans lumière naturelle de manière séparée les uns des autres.

- Commutation de zones multiples: il peut également y avoir trop de commutateurs ou leur agencement est si illogique que l'utilisateur se trompe constamment.

- Détecteur de mouvement ou minuterie: la solution optimale dans les lieux publics (lorsqu'ils sont correctement installés et qu'ils fonctionnent). Dans les cages d'escalier et les garages, les minuteries sont souvent une solution plus efficace et plus avantageuse que les détecteurs de mouvement.

### 8. Acceptation de la commande d'éclairage par l'utilisateur

- Demandez aux utilisateurs s'ils sont satisfaits de la commande d'éclairage, surtout lorsqu'elle est automatique. Vous saurez immédiatement quelle réponse est la bonne.

### 9. Luminosité

- Clair: murs blancs, meubles clairs, plafonds blancs
- Sombre: murs en béton brut, bois sombre, couleurs sombres ou intenses
- Intermédiaire: tout ce qui est entre clair et sombre (subjectif).

### 10. Protection solaire

- Lamelles réglables: protection solaire optimale car la lumière directe éblouissante est écartée et la lumière indirecte diffuse peut pénétrer dans la pièce. Pour des raisons thermiques, les lamelles installées à l'extérieur sont meilleures que les lamelles intérieures. Les lamelles à commande automatique sont, dans la pratique, souvent sujettes aux pannes.
- Marquises: les stores ou rouleaux retiennent également une grande partie de la lumière diffuse en plus de la lumière directe; les marquises sont plus avantageuses et sont souvent privilégiées par les architectes mais offrent une moins bonne protection solaire que les lamelles.
- Pas de protection solaire: ce n'est généralement pas un problème sur les fenêtres orientées au nord; c'est plus problématique dans les espaces de travail dans les autres orientations.

<b>Dix questions sur l'éclairage</b>					
<b>Impression subjective de l'éclairage</b>				Pièce 1	Pièce 2
1. Quantité de lumière	bonne (0)	trop clair (2)	trop sombre (2)		
2. Éblouissement	aucun (0)	modéré (1)	fort (2)		
<b>Lampes (ampoules)</b>					
3. Proportion de lampes à incandescence	moins de 10 % (0)	jusqu'à 50 % (4)	plus de 50 % (8)		
4. Comportement à l'allumage	allumage immédiat (0)	scintillement (2)	scintillement et bourdonnement (4)		
<b>Luminaires (abat-jour)</b>					
5. Diffusion de la lumière	directe (0)	directe + indirecte (0)	indirecte à plus de 90 % (2)		
6. Âge des luminaires	moins de 5 ans (0)	jusqu'à 15 ans (2)	plus de 15 ans (4)		
<b>Commande d'éclairage</b>					
7. Commande d'éclairage	détecteur de présence ou interrupteur à horloge (0)	commutation de zones multiples (1)	1 commutateur par pièce (2)		
8. Acceptation par l'utilisateur	bonne (0)	satisfaisante (1)	insuffisante (2)		
<b>Pièce</b>					
9. Luminosité	claire (0)	moyenne (1)	sombre (2)		
10. Protection solaire	lamelles (0)	marquises (1)	aucune (2)		
<b>Nombre total de points</b>					
<b>Contrôle détaillé recommandé (oui/non)</b>					

Tableau 2: Dix questions sur l'éclairage

### 3. Analyse détaillée

L'analyse détaillée doit faire apparaître le potentiel d'économies réalisables en ce qui concerne l'éclairage. Dans un premier temps, l'état réel est défini et un bilan énergétique est établi. Une comparaison avec les valeurs de référence de la norme SIA 380/4 «L'énergie électrique dans le bâtiment» permet une estimation du potentiel d'économies. Cette étape peut être réalisée en combinant différentes mesures. Il est recommandé de faire réaliser l'analyse détaillée par un technicien de l'éclairage.

#### **Marche à suivre en 7 étapes**

1. Définir les utilisations et les pièces caractéristiques (passer cette étape pour les «établissements d'une seule pièce»).
2. Répertorier les luminaires et les lampes.
3. Mesurer les éclairagements.
4. Déterminer une valeur de référence pour la puissance installée.
5. Évaluer la situation de la lumière naturelle.
6. Déterminer une valeur de référence pour les heures de pleine charge annuelles.
7. Calculer le bilan énergétique et le potentiel d'économies.

Des mesures peuvent être définies à partir de l'analyse détaillée (Chapitre 4).

## Étape 1

### Définir les utilisations et les pièces caractéristiques

Les plans du bâtiment servent de base (de préférence au format A4); sur ces plans, les pièces d'usage identique sont marquées en couleur (Illustration 3). De plus, il convient d'établir une liste des différents types de pièce avec la surface totale de chacune (Tableau 3). Une pièce caractéristique de l'utilisation la plus consommatrice d'énergie et la plus importante en matière de surface est choisie. Ces pièces caractéristiques représentent toutes les autres pièces de même usage dans le bâtiment.

#### Exemple

- 1 salle de classe
- 1 bureau
- 1 partie de zone de circulation (découpe rectangulaire)
- La réserve, le local technique et les toilettes ne sont pas étudiés de manière approfondie.

Pièce	Surface
Salle de classe	372 m <sup>2</sup>
Zone de circulation	352 m <sup>2</sup>
Bureau	120 m <sup>2</sup>
Réserve, local technique	80 m <sup>2</sup>
Toilettes	17 m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>941 m<sup>2</sup></b>

Tableau 3: Liste des pièces avec leurs surfaces

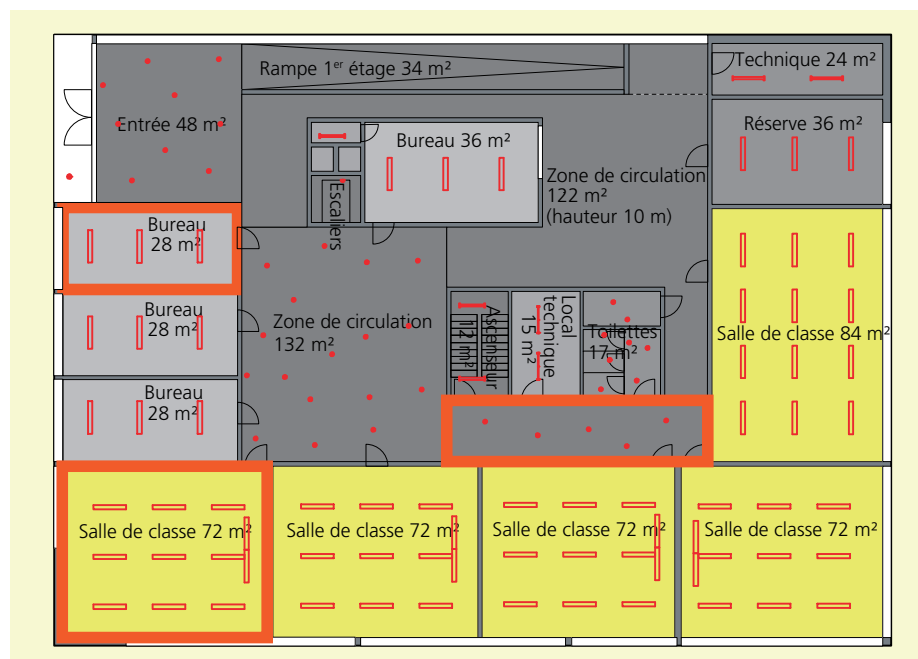


Abbildung 3: Plan d'un étage caractéristique dans un bâtiment exemple

**Étape 2****Répertoirer les luminaires et les lampes**

Dans chaque pièce caractéristique sont répertoriés la surface, le nombre de luminaires et leurs puissances (Illustration 4). Il convient également de calculer la puissance spécifique installée.

**Type de luminaire 1**

- Plafonniers: 9 unités
- Lampes: 2 lampes fluorescentes de 54 W par luminaire
- Ballasts: électroniques, 1 unité par luminaire, puissance dissipée 6 W
- Puissance par luminaire: 114 W

**Type de luminaire 2**

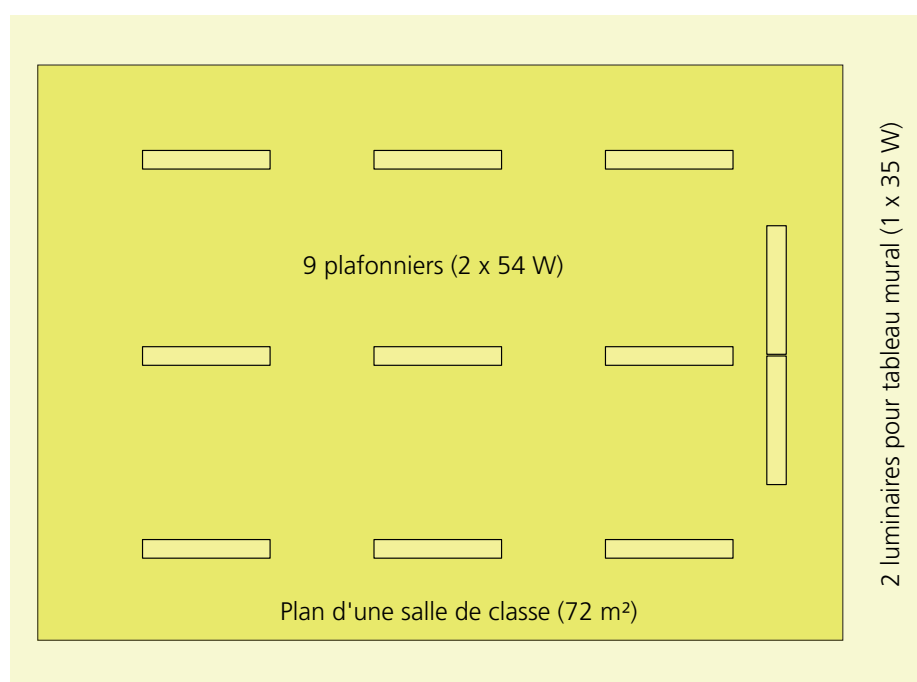
- Éclairage de tableau mural: 2 unités
- Lampes: 1 lampe fluorescente de 35 W par luminaire
- Ballasts: électroniques, 1 unité par luminaire, puissance dissipée 3 W
- Puissance par luminaire: 38 W

**Puissance installée**

La puissance installée est calculée à partir des données ci-dessus en W/m<sup>2</sup>:

$$\begin{aligned}
 & 9 \text{ plafonniers de } 108 \text{ W} \\
 + & 9 \text{ ballasts de } 6 \text{ W} \\
 + & 2 \text{ luminaires pour tableau mural de } 35 \text{ W} \\
 + & 2 \text{ ballasts de } 3 \text{ W} \\
 = & 1102 \text{ W} \\
 \text{Surface: } & 72 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

➔ **Puissance spécifique: 15,3 W/m<sup>2</sup>**



*Illustration 4: Plan destiné à répertoirer le nombre de luminaires et leurs puissances*

### Étape 3

#### Mesurer l'éclairement

Les éclairements (horizontaux) sont mesurés à différents endroits d'une pièce assombrie à l'aide d'un luxmètre (Illustration 5). Dans les espaces de travail, l'éclairement est mesuré à hauteur de table, et dans le reste des pièces, au niveau du sol. Il est recommandé d'utiliser un luxmètre de bonne qualité présentant une correction V ( $\lambda$ ). (Courbe de sensibilité de l'œil humain).

#### Procédure de calcul de l'éclairement moyen

- Dans un premier temps, un quadrillage virtuel est placé dans la pièce et l'éclairement est mesuré et enregistré à chaque nœud (Illustration 6).
- Une mesure est prise au point le plus clair, généralement au centre de la pièce. Une autre est également prise à une distance d'environ 1 mètre du mur. 10 à 15 points de mesure par pièce suffisent.
- On effectue la moyenne des points de mesure et on l'arrondit à 50 lux près; une donnée plus précise est inutile.
- Dans un cas avantageux, la valeur maximale ne doit pas être plus de deux fois supérieure à la valeur minimale.

➔ Éclairement moyen de l'exemple: 750 lux

➔ Éclairement maximal par rapport à l'éclairement minimal:  $650/880 = 0,74$

#### Remarques concernant la mesure

- Les lampes fluorescentes n'atteignent un niveau de luminosité maximal qu'au bout de 10 minutes environ. Il convient donc de laisser ce type d'éclairage allumé pendant 10 minutes avant de procéder à la mesure.
- Lorsque la pièce n'a pas pu être suffisamment assombrie, il est possible de procéder à une mesure différentielle. Pour ce faire, on mesure au niveau de chaque point sur le quadrillage avec et sans éclairage artificiel et l'on soustrait les deux valeurs mesurées l'une de l'autre. Cette procédure ne peut être recommandée que lorsque l'on obtient au moins un doublement de l'éclairement dans la pièce grâce à la lumière artificielle.



Illustration 5: Luxmètre

680 lux		750 lux		800 lux
x	650 lux	x	820 lux	x
720 lux		850 lux		880 lux
x	780 lux	x	800 lux	x
700 lux		720 lux		780 lux
x		x		x

Illustration 6: Quadrillage virtuel destiné à calculer l'éclairement moyen

## Étape 4

**Valeurs de référence pour la puissance installée**

La valeur de référence qui est comparée à la valeur calculée dans la pièce caractéristique dépend de l'éclairage requis et de la taille de la pièce. Les valeurs de référence sont issues des exigences en matière de valeur cible de la norme SIA 380/4. La valeur cible de SIA 380/4 s'applique également aux projets avec le standard 2000 watts. Néanmoins, l'obtention de la valeur cible complète n'est pas la solution la plus économique dans tous les cas (Illustration 7).

D'autres éclairages théoriques s'appliquent suivant le type de pièce (Tableau 4). Des valeurs de référence spéciales sont valables pour certaines utilisations:

- Salle de sports scolaire (300 lux): 10,0 W/m<sup>2</sup>
- Parking à étages (75 lux): 2,5 W/m<sup>2</sup>
- Magasin (avec éclairage d'accentuation): 16,0 W/m<sup>2</sup>

Types de pièces	Éclairage nominal
Bureau, salle de réunion, salle de classe, atelier (activités délicates), salle de soins	500 lux
Atelier (activités grossières), zones de séjour, salles polyvalentes	300 lux
Hall, restaurant, toilettes, vestiaires, cage d'escalier	200 lux
Dortoir, couloirs, réserves, pièces secondaires	100 lux
Habitation, chambre d'hôtel	50 lux

Tableau 4: Eclairages en fonction du type de pièce

**Valeur indicative pour la puissance installée en fonction de la taille de la pièce et de l'éclairage**

Puissance installée en W/m<sup>2</sup>

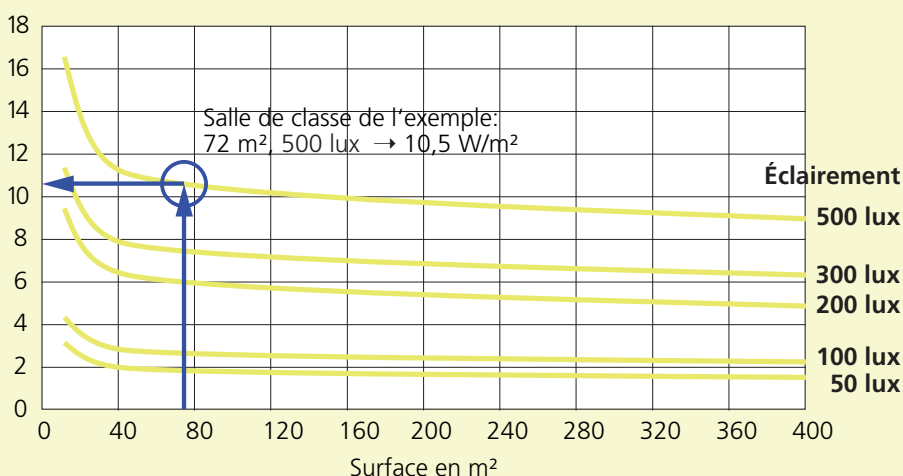


Illustration 7: Valeurs indicatives pour la puissance installée en fonction de la taille de la pièce et de l'éclairage

## Étape 5

**Utilisation de la lumière naturelle**

Dans les pièces bénéficiant de la lumière naturelle, le type de protection solaire est essentiel pour pouvoir économiser de la lumière artificielle à l'aide de la commande d'éclairage. En raison de l'utilisation de la lumière naturelle, il existe de bonnes protections solaires et d'autres moyennes et insuffisantes (Tableau 5).

Une protection solaire n'est pas toujours indispensable. Les pièces orientées au nord ou celles partiellement protégées de la lumière directe par l'environnement (immeubles, montagnes ou arbres) peuvent déjà bénéficier d'une protection solaire bonne à moyenne.

Outre la protection solaire, la taille et la transmission lumineuse des vitres sont des facteurs d'influence pour la réduction de la lumière artificielle grâce à la commande d'éclairage (Tableau 6).

L'évaluation la plus basse des trois facteurs d'influence est déterminante pour l'évaluation globale de la situation de la lumière naturelle.

**Exemple**

- Bonne protection solaire
- Surface vitrée moyenne
- Transparence du verre élevée

**Valeurs de référence pour les heures de pleine charge**

Les heures de pleine charge réelles d'un éclairage dépendent fortement de son utilisation et ne peuvent donc être définies que de manière qualitative. Afin de pouvoir, néanmoins, proposer des valeurs de référence, on utilise un modèle selon SIA 380/4. Celui-ci se base sur un comportement d'utilisateur standardisé. On obtient ainsi, en fonction de la situation de la lumière naturelle, du type de commande d'éclairage et de l'utilisation, un nombre d'heures de pleine charge comparable.

**Heures de pleine charge dans des pièces à utilisation régulière**

Commande d'éclairage en fonction de la lumière naturelle et de la présence dans les pièces à utilisation régulière, par exemple un bureau, une salle de classe, les espaces aménagés pour une utilisation principale (Tableau 7).

**Heures de pleine charge d'espaces à utilisation sporadique**

Commande d'éclairage en fonction de la lumière naturelle et de la présence dans les pièces à utilisation sporadique, par exemple les toilettes, les vestiaires, la réserve, les espaces aménagés pour une utilisation secondaire.

Les chiffres s'appliquent à des immeubles présentant un temps d'utilisation annuel caractéristique de 2750 heures (ce qui correspond à 250 journées de 11 heures). Dans les surfaces de vente, on prend en compte les heures d'ouverture effectives (valeur standard: 3600 heures par an)

**Exemple**

- Utilisation de la salle de classe
- Situation de la lumière naturelle: moyenne
- Commande d'éclairage en fonction de la lumière naturelle et de la présence: extinction automatique, allumage manuel.

➔ Heures de pleine charge par an: 1000 h/an

## Étape 6

**Remarque:**  
D'autres facteurs d'influence de la lumière naturelle sont définis dans la norme 380/4. Pour des questions pratiques, seules les 3 principaux sont utilisés ici.

Tableau 5: Types de protection solaires ➔ donne une utilisation moyenne de la lumière naturelle

<b>Bonne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stores à lamelles claires extérieurs (stores vénitiens); électriques ou mécaniques.</li> </ul>
<b>Moyenne</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stores à lamelles sombres, électriques ou mécaniques.</li> <li>• Marquises en tissu opaques, extérieures ou intérieures.</li> <li>• Protection solaire structurelle (immobile)</li> </ul>
<b>Insuffisante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marquises en tissu transparentes, extérieures ou intérieures.</li> <li>• Rideaux, persiennes</li> </ul>

Réduction de la lumière artificielle	Rapport surface vitrée / surface de plancher	Transmission lumineuse des vitres
Bonne	Supérieur à 25 %	Supérieure à 70 %
Moyenne	15 % à 25 %	50 % à 70 %
Faible	Inférieur à 15 %	Inférieur à 50 %

Tableau 6: Facteurs pour la réduction de la lumière artificielle

## Étape 7

### Bilan énergétique

Les valeurs calculées dans une pièce caractéristique (conformément aux chapitres précédents) sont mises en parallèle avec les valeurs de référence et un bilan énergétique avec potentiel d'économies est établi (Tableau 9).

#### Étape 7: Calcul

- En multipliant, dans le cas de l'exemple et le cas de référence, la puissance installée par les heures de pleine charge, on obtient les besoins spécifiques en électricité

- $15,4 \text{ W/m}^2 \times 1500 \text{ h/an} / 1000 = 23,1 \text{ kWh/m}^2$
- $10,5 \text{ W/m}^2 \times 1000 \text{ h/an} / 1000 = 10,5 \text{ kWh/m}^2$

- Afin de calculer les besoins absolus en électricité, on multiplie la surface totale de toutes les salles de classe à éclairage identique par les besoins spécifiques en électricité.

- $23,1 \text{ kWh/m}^2 \times 372 \text{ m}^2 = 8742 \text{ kWh}$
- $10,5 \text{ kWh/m}^2 \times 372 \text{ m}^2 = 3906 \text{ kWh}$

- En multipliant la consommation par le tarif de l'électricité de 20 centimes par kWh, on obtient les coûts annuels de l'électricité pour l'éclairage des salles de classe.

- $8742 \text{ kWh/an} \times 20 \text{ Rp/kWh} = \text{CHF } 1748/\text{an}$
- $3906 \text{ kWh/an} \times 20 \text{ Rp/kWh} = \text{CHF } 781/\text{an}$

- La différence entre notre exemple et la référence donne le potentiel d'économies maximal possible. Ces économies peuvent être réalisées en appliquant des mesures adaptées.

- $\text{CHF } 1748 - \text{CHF } 781 = \text{CHF/an } 997$

Situation de la lumière naturelle	Commande manuelle	Allumage/extinction automatique ou lumière permanente	Extinction automatique, allumage manuel
Bonne	1000 h/an	600 h/an	500 h/an
Moyenne	1500 h/an	1200 h/an	1000 h/an
Faible	2000 h/an	1800 h/an	1500 h/an
Pas de lumière naturelle	2750 h/an	2200 h/an	2000 h/an

Tableau 7: Heures de pleine charge dans des pièces à utilisation régulière

Situation de la lumière naturelle	Commande manuelle	Allumage/extinction automatique ou lumière permanente	Extinction automatique, allumage manuel
Bonne	500 h/an	300 h/an	250 h/an
Moyenne	1000 h/an	600 h/an	500 h/an
Faible	1500 h/an	900 h/an	750 h/an
Pas de lumière naturelle	2000 h/an	1100 h/an	1000 h/an

Tableau 8: Heures de pleine charge d'espaces à utilisation sporadique

Valeurs enregistrées	Exemple	Valeur de référence	Étape
Pièce caractéristique	Salle de classe		1
Surface de la pièce caractéristique	72 m <sup>2</sup>		
Puissance installée	15,4 W/m <sup>2</sup>	10,5 W/m <sup>2</sup>	2 et 4
Éclairage moyen	750 lux	500 lux	3 et 4
rapport min./max.	0,74	Supérieure à 0,5	
Réglage de la lumière	Commutateur d'éclairage manuel	Commande d'éclairage selon la lumière naturelle et la présence: extinction automatique, allumage manuel.	
Situation de la lumière naturelle	Moyenne	Moyenne	5
Heures de pleine charge	1500 h/an	1000 h/an	5 et 6

Tableau 9: Valeurs enregistrées

Calcul	Exemple	Valeur de référence
Besoins spécifiques en électricité	23,1 kWh/m <sup>2</sup>	10,5 kWh/m <sup>2</sup>
Surface totale de toutes les salles de classe	372 m <sup>2</sup>	
Besoins en électricité	8742 kWh/an	3906 kWh/an
Tarif de l'électricité	20 Rp./kWh	20 Rp./kWh
Coûts de l'électricité	1748 CHF./an	781 CHF./an
Potentiel d'économies par an	997 CHF./an	

Tableau 10: Calcul

## 4. Mesures à prendre

On distingue 5 types de mesures à prendre.

1. Remplacement des ampoules
2. Adaptation des luminaires existants
3. Remplacement des luminaires
4. Installation de variateurs de lumière ou optimisation des variateurs de lumière existants
5. Planification d'un éclairage Minergie

Les coûts d'investissement de ces mesures sont très différents. Souvent, l'option la plus rentable n'est pas la plus avantageuse.

### Exemple de l'analyse détaillée

Dans l'exemple «salle de classe», il est possible de diminuer la consommation d'électricité au niveau de la valeur de référence en appliquant les mesures suivantes:

- Remplacer les luminaires inefficients par des luminaires plus efficaces d'une puissance plus faible et d'un rendement plus élevé (min. 75 %). (Mesure n° 12).
- Remplacer les commutations manuelles par un détecteur de présence associé à des capteurs de lumière naturelle. (Mesure n° 21).
- Installer comme protection solaire des lamelles claires réglables situées à l'extérieur (Mesure n° 25).

### Remplacement des lampes (retrofit)

Une lampe inefficace (= ampoule) est remplacée une pour une par une lampe efficace de culot identique. Cette mesure n'est toutefois possible qu'avec certains types de culots (Illustration 8). Les me-

ures possibles sont réunies dans le Tableau 11.

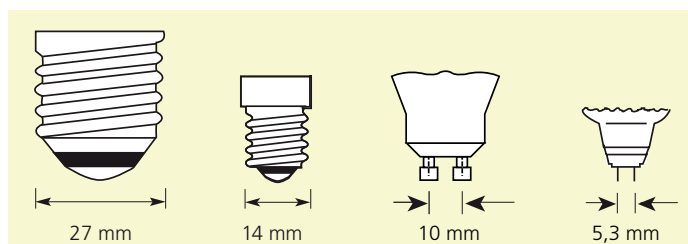
### Remarques

- Il existe des lampes économiques de recharge spéciales pour les lampes à incandescence ou halogènes à intensité variable. Cependant, la qualité de ces lampes économiques à intensité variable n'est souvent pas très convaincante.
- Il existe des lampes LED à intensité variable; il convient de respecter la puissance minimale du gradateur utilisé: elle est généralement d'au moins 25 W.
- Utiliser exclusivement des lampes économiques avec au moins 20 000 cycles de commutation et un temps d'allumage de 60 secondes maximum. Ces indications doivent être mentionnées sur tous les emballages de lampe depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2010.
- Utiliser exclusivement des lampes LED avec un indice de rendu des couleurs (désignation Ra ou CRI) d'au moins 80 et une température de couleur de 4 000 Kelvin maximum. Ces indications doivent être mentionnées sur tous les emballages de lampe depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2010.
- Faire impérativement attention aux dimensions: certaines lampes économiques et lampes LED sont plus grandes que les lampes à incandescence ou halogènes à remplacer.

### Adaptation des luminaires existants

Toutes les lampes, à l'exception des lampes à incandescence, ont besoin d'un transformateur qui convertit le courant alternatif de 230 V en un autre type de tension (Illustration 9). Le même type d'appareil possède de nombreuses désignations: ballast, transformateur, convertisseur, amplificateur, pilote. Les transformateurs obsolètes ou inadaptés peuvent être remplacés par un professionnel. Les mesures possibles sont réunies dans le Tableau 12.

Illustration 8: Les types de culots pouvant être remplacés un pour un.



### Remplacement des luminaires

Lorsqu'une lampe ne peut pas être remplacée car le culot ou que le transformateur est inadapté et qu'une transformation des luminaires existants n'est pas possible, on envisagera alors de remplacer les luminaires. Souvent, le nouveau luminaire peut être installé au même emplacement que l'ancien afin d'éviter des frais d'installation trop importants. Les mesures possibles sont réunies dans le Tableau 13.

#### Remarques

- Les luminaires à émission purement indirecte sont généralement très inefficients car la lumière doit être réfléchiée par un cache plus ou moins clair et sur une plus grande distance. Un éclairage optimal est proposé, dans la majorité des cas, par un luminaire à émission directe, avec une certaine proportion d'émission indirecte pour l'éclairage de la pièce.
- Les éclairages surdimensionnés ne sont pas rares. Les installations d'éclairage ne doivent pas être surdimensionnées car l'œil humain est ainsi conçu qu'il peut traiter un large spectre lumineux (journée ensoleillée: 100 000 lux, nuit éclairée par la lune: 1 lux) et peut réagir de manière relativement insensible aux petites différences de luminosité (l'œil humain ne différencie pas objectivement 600 lux de 500 lux). 600 lux au lieu de 500 lux, cela

représente une augmentation de 20 % de la consommation d'énergie sans que l'Homme ne s'en aperçoive.

### Installation ou optimisation des commandes d'éclairage

Les commandes d'éclairage peuvent permettre de réaliser, dans des conditions optimales, des économies très significatives. Dans beaucoup de cas, l'environnement n'est pourtant pas optimal: trop peu de lumière naturelle effectivement utilisable, mauvais positionnement des capteurs, pas de réglage des capteurs, consommation propre élevée du variateur. Des mesures réalisées en pratique montrent que les commandes simples permettent généralement de réaliser des économies d'énergie plus importantes que les systèmes complexes. Les mesures possibles sont réunies dans le Tableau 14.

### Planification générale selon Minergie

En cas de rénovation totale, la solution d'éclairage la plus efficace est généralement proposée par un nouveau concept d'éclairage; il ne faut alors pas tenir compte du positionnement existant des luminaires. La notion de rénovation totale ne sera pas approfondie dans le présent guide pratique.

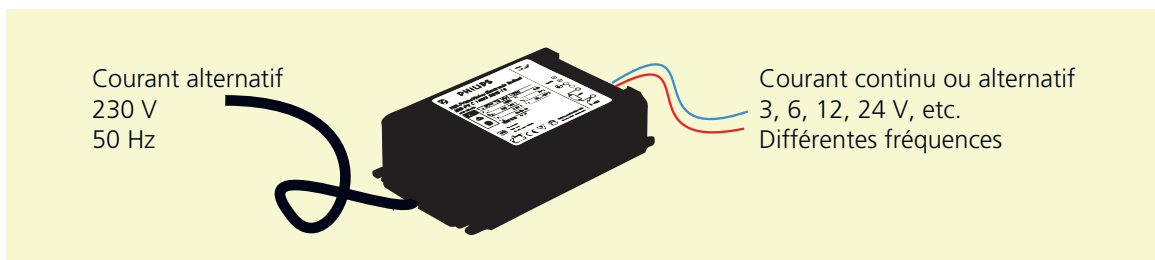


Illustration 9:  
Ballast

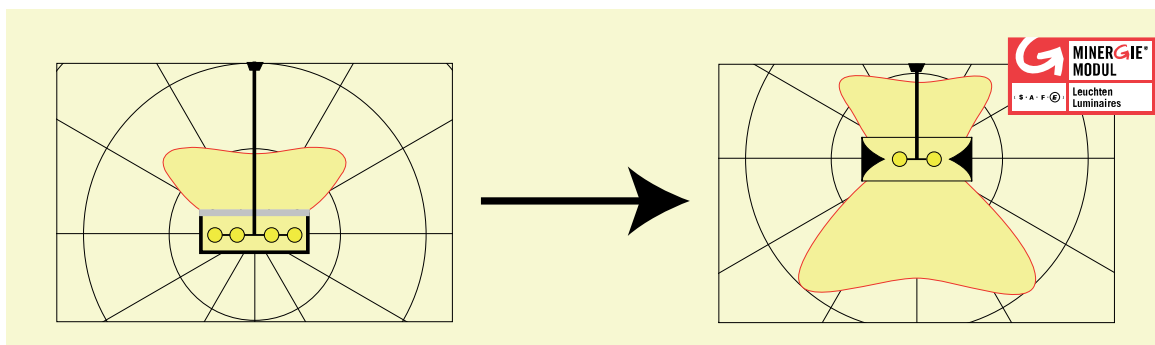


Illustration 10:  
Avantage de rendement lumineux avec des luminaires Minergie:  
toplicht.ch

N°	Mesures: retrofit	Avantage
1	<b>Remplacer des lampes à incandescence classiques par des lampes économiques.</b> Les puissances de 100 W, 75 W, 60 W, 40 W ou 25 W sont remplacées par des lampes économiques dont la puissance représente 25 % env. de la puissance des lampes à incandescence. Types de culot à vis: E27 ou E14.	+++
2	<b>Remplacer les spots à incandescence par des spots à LED.</b> Les puissances de 100 W, 75 W, 60 W, 40 W ou 25 W sont remplacées par des spots à LED dont la puissance représente 20 % env. de la puissance des lampes à incandescence. Types de culot à vis: E27 ou E14.	+++
3	<b>Remplacer les spots halogènes par des spots à LED.</b> Surtout intéressant pour les spots très répandus de type «PAR 50» avec culots GU5.3, GU10, E27 et E14. Une lampe halogène de 35 W correspond à une LED de 4 W. Aucune lampe de remplacement n'est actuellement disponible pour les lampes halogènes de 50 W.	+++
4	<b>Remplacer les lampes économiques dans les espaces extérieurs.</b> Par des lampes économiques spéciales pour une utilisation extérieure ou des lampes LED; les lampes économiques normales ne sont pas conçues pour une utilisation en extérieur.	+
5	<b>Remplacer les lampes économiques de qualité inférieure.</b> Remplacer par des modèles de qualité supérieure ou ayant une grande capacité de commutation (cycles de commutation de 100 000).	++

Tableau 11: Retrofit

N°	Mesures: adaptation des luminaires existants	Avantage
6	<b>Remplacer les BF par des BE.</b> Pour les luminaires avec lampes fluorescentes, les ballasts ferromagnétiques (BF) peuvent être remplacés par des ballasts électroniques (BE).	+
7	<b>Remplacer les tubes de 38 mm par des tubes de 26 mm.</b> Les tubes fluorescents (20 W, 40 W, 65 W, diamètre de 38 mm) peuvent être remplacés par des tubes fluorescents (18 W, 36 W, 58 W, diamètre de 26 mm); cela permet d'augmenter la quantité de lumière et le rendu des couleurs et de rallonger le durée de vie des lampes. Dans le même temps, il est recommandé de passer au ballast électronique.	++
8	<b>Haut rendement au lieu du flux élevé.</b> Pour les tubes fluorescents de nouvelle génération (diamètre de 16 mm), les tubes à flux élevé (80 W, 54 W, 39 W) peuvent être remplacés par des tubes à haut rendement (49 W, 35 W, 28 W), lorsque l'on a mesuré un éclairage trop élevé d'environ 30 % (ce qui n'est pas rare). Dans la plupart des cas, le ballast doit être remplacé.	++
9	<b>Installer un adaptateur T5 et un réflecteur.</b> Les tubes de 26 mm de diamètre avec ballast ferromagnétique peuvent être remplacés par des tubes de 16 mm de diamètre (= 5 pouces = T5). Les tubes T5 plus courts de 5 cm sont équipés d'un adaptateur dans lequel se trouve un ballast électronique. Il convient également d'installer un réflecteur qui permet de mieux diriger la lumière vers le bas. Cette mesure est recommandée uniquement pour les réglettes ouvertes et dans les pièces ayant de faibles exigences d'éclairage (p. ex. une réserve).	++
10	<b>Modifier les plafonniers surdimensionnés.</b> Les plafonniers sont souvent installés trop haut dans les zones de circulation. Un éclairage de 100 lux est suffisant. Le plafonnier peut être adapté en remplaçant le transformateur. Il convient de préférer les plafonniers à une lampe aux plafonniers à deux lampes. Pour cette application, les LED sont aujourd'hui la solution la plus économique (voir Mesure 13)	++
11	<b>Supprimer les luminaires inutiles.</b> Certains luminaires sont allumés inutilement ou rendent la pièce bien trop éclairée. Quelques luminaires peuvent alors être mis hors service.	+++

Tableau 12: Adaptation des luminaires existants

N°	Mesures: remplacement des luminaires	Avantage
12	<b>Remplacer les plafonniers et les appliques un pour un.</b> Remplacer un luminaire inefficace par un luminaire plus efficace d'une puissance plus faible et d'un rendement plus élevé (au moins 75 %).	++
13	<b>Installer des plafonniers à LED.</b> À l'heure actuelle, les lampes LED sont la solution idéale surtout dans les couloirs. Dans de nombreux cas, les plafonniers traditionnels avec lampes fluorescentes compactes peuvent être remplacés par des plafonniers à LED d'une puissance réduite de moitié.	++
14	<b>Remplacer les bandeaux lumineux avec tubes fluorescents par des LED.</b> Remplacer les bandeaux lumineux avec tubes fluorescents (env. 30 W à 50 W par mètre) encastrés dans les plafonds par des rampes d'éclairage à LED (10 W à 20 W par mètre).	+++
15	<b>Renouveler les lampadaires.</b> Les anciens lampadaires pourvus de 4 lampes fluorescentes compactes de 55 W peuvent être remplacés par des lampadaires de 2 x 55 W (ou 4 x 28 W) et une part de lumière directe d'env. 30 %.	++
16	<b>Remplacer les luminaires de bureau par des LED.</b> Remplacer les lampes à incandescence et les lampes halogènes par des luminaires de bureau à LED. Les LED sont mieux adaptées à cette application que les lampes économiques. (LED d'env. 10 W à 15 W LED par poste de travail).	+++

La liste des luminaires efficaces est disponible sur [www.toplicht.ch](http://www.toplicht.ch).

Tableau 13: Remplacement des luminaires

N°	Mesures: commande d'éclairage	Avantage
17	<b>Groupes de luminaires séparés.</b> La commande d'éclairage la plus simple est la division d'un commutateur d'éclairage en 2 à 4 commutateurs, qui commandent les différents groupes de luminaires dans une pièce.	+
18	<b>Installer des interrupteurs à horloge.</b> L'interrupteur à horloge est une solution efficace et avantageuse permettant d'éteindre l'éclairage pendant le repas de midi et le soir.	+
19	<b>Installer une minuterie.</b> Il est recommandé d'installer des minuteries (la lumière s'éteint automatiquement après 5 à 15 minutes) dans les pièces à courte durée d'occupation.	+++
20	<b>Installer un détecteur de mouvement.</b> Il convient d'installer des détecteurs de mouvement dans les couloirs, les vestiaires, les réserves et les pièces similaires inoccupées pendant de longues périodes; les combiner avec des capteurs de luminosité dans les pièces éclairées par la lumière naturelle. Commutation préférée: allumage et extinction automatiques.	+++
21	<b>Installer un détecteur de présence.</b> Dans les bureaux et les salles de classe, il convient de remplacer les commutations manuelles par des détecteurs de présence (combinés avec des capteurs de luminosité dans les pièces éclairées par la lumière naturelle). Commutation préférée: extinction automatique, allumage manuel (la lumière ne s'allume pas automatiquement mais doit être activée par pression sur le bouton).	++
22	<b>Régler la commande d'éclairage existante.</b> Le niveau d'éclairage est souvent mauvais ou non réglé ou les temps de retard sont trop longs ce qui empêche l'extinction.	++
23	<b>Déplacer les capteurs de lumière existants.</b> Pour des raisons architecturales, les capteurs de lumière sont souvent mal positionnés ce qui empêche d'obtenir les commutations souhaitées. Ils doivent être repositionnés en tenant strictement compte de la lumière naturelle optimale ou de la détection des personnes. (Un détecteur de fumée est également optimisé pour une détection optimale de la fumée.)	++
24	<b>Réglages de lumière permanente avec extinction nocturne.</b> La consommation d'électricité propre des installations de commande complexes est notable: seule une extinction nocturne automatique de la consommation de veille permet une économie globale.	+
25	<b>Optimiser la protection solaire.</b> La protection solaire optimale est située à l'extérieur, est réglable (lamelles) et claire. Si elle est en état de fonctionnement, une commande automatique est encore mieux adaptée. Les marquises ou rideaux principalement situés à l'intérieur ne sont pas adaptés à une utilisation de la lumière naturelle.	+++

Tableau 14: Réglage de la lumière

## 5. Coûts d'investissement et rentabilité

Toute mesure a un coût et a des bénéfices. La rentabilité ou le délai d'amortissement des investissements résultant des coûts et des bénéfices dépend de nombreux facteurs. Par conséquent, il est généralement impossible d'indiquer le délai d'amortissement d'une mesure sans offre concrète.

Il est recommandé d'obtenir les offres de plusieurs entreprises car les différences de prix peuvent être très importantes. Cependant, l'offre la plus avantageuse n'est souvent pas la meilleure. La fiabilité, la durée de la garantie et la pérennité du fournisseur jouent également un rôle. Par exemple, il y a toujours des fournisseurs qui font faillite pendant la durée de la garantie. Lorsque l'on dispose d'un grand nombre d'offres (p. ex. cinq), il convient alors d'éliminer d'emblée celle qui est la plus avantageuse. Il convient d'accorder une attention particulière aux nombreux nouveaux fournisseurs de luminaires à LED.

Les prix catalogue pour les lampes, luminaires et accessoires sont des prix unitaires. Dans la pratique, lors de l'achat de quantités moyennes, des remises de 20 % à 40 % sont accordées. En cas de grandes commandes, les fournisseurs offrent des remises pouvant aller jusqu'à 70 %(!). Exemple: une grande banque a payé pour 500 lampadaires, dont le prix catalogue était supérieur à CHF 1300.-, seulement CHF 400.- l'unité.

### Les installations compliquées sont onéreuses

Les mesures simples nécessitent moins de travail. Dès que les installations électriques doivent être modifiées, la facture peut vite augmenter. Remplacer une lampe ou un luminaire un pour un ou utiliser un luminaire déplaçable (lampadaire ou lampe de table) peut s'avérer avantageux même lorsque le produit est plus cher car il n'y a pas de dépenses d'installation. Lorsque l'on choisit d'ajouter des capteurs de lumière, il est recommandé de les placer là où se trouvent des raccords de câble existants ou de les intégrer directement dans le boîtier d'interrupteur.

Lors du calcul de rentabilité, il est impératif de tenir compte des frais supplémentaires et des économies réalisées lors de l'entretien. Un changement fréquent de lampe coûte non seulement de l'argent du fait de l'achat de nouvelles lampes mais prend également du temps pour procéder au remplacement. Cet aspect est déterminant notamment pour les installations de LED.

### Exemple de calcul

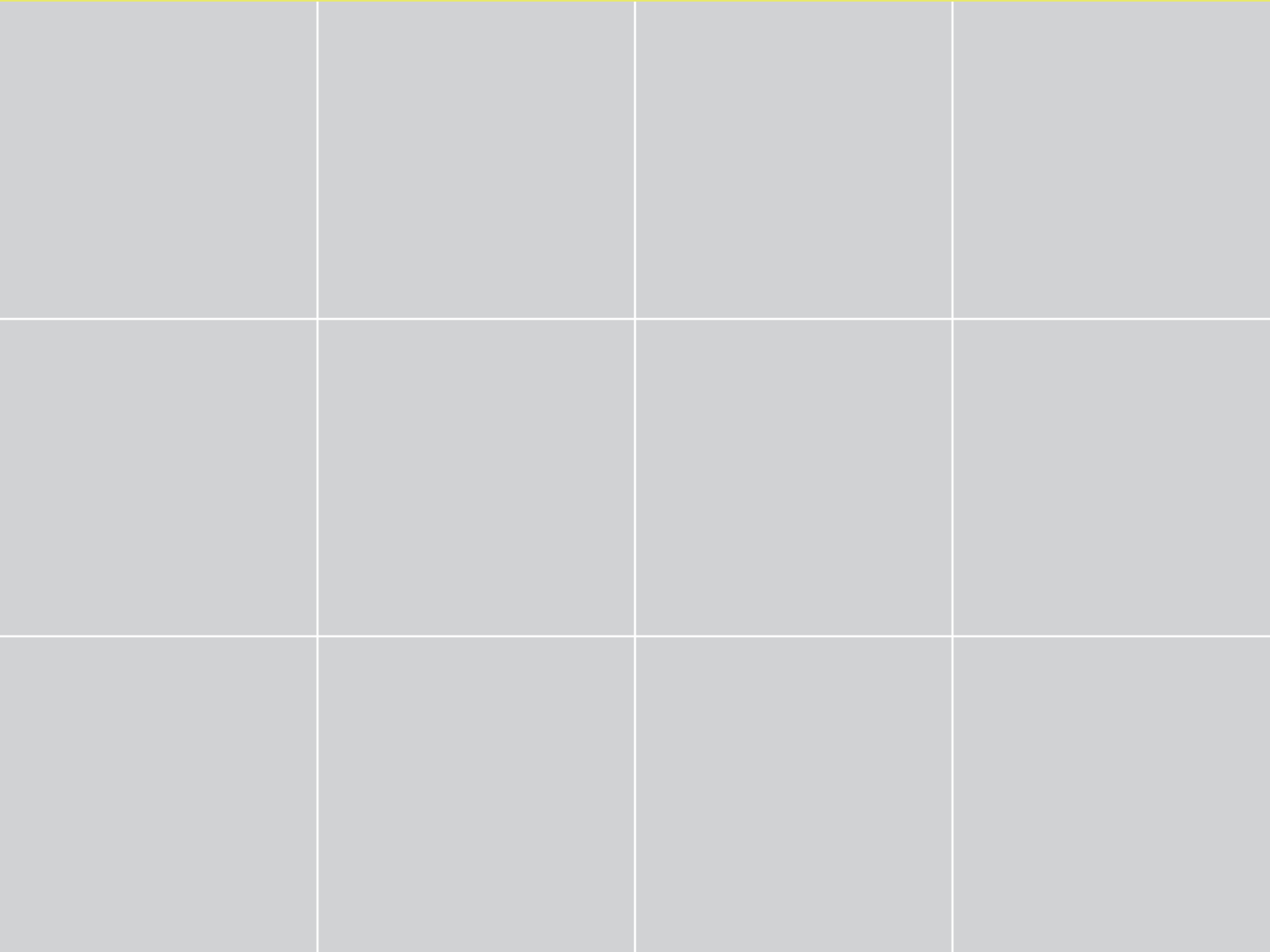
Nous n'allons pas présenter une rentabilité compliquée avec calcul des intérêts composés mais une méthode manuelle simple. L'exemple se base sur le remplacement un pour un de l'éclairage d'un restaurant:

- L'installation précédente n'a aucune valeur résiduelle et doit de toute façon être remplacée.
- Les luminaires sont remplacés, c'est-à-dire que les nouveaux sont installés au même emplacement que les anciens. Les coûts d'installation sont donc au minimum.
- La comparaison montre la rentabilité entre une nouvelle solution conventionnelle et une variante moderne avec des LED avec des économies supplémentaires en matière d'énergie et de coûts de fonctionnement.

### Conclusion

Avec la variante LED, on économise chaque année CHF 5280.-. Ces luminaires LED étant plus chers que la solution conventionnelle de CHF 20000.-, le délai d'amortissement de l'investissement supplémentaire est de 3 ans et 10 mois.

	Solution conventionnelle	Variante LED
Utilisation	Restaurant	
Surface (m <sup>2</sup> )	300	
Nombre de luminaires spots	100	
Puissance du luminaire (W)	40	25
Puissance installée (kW)	4,00	2,50
Puissance installée (W/m <sup>2</sup> )	13,3	8,3
Heures de fonctionnement (h/an)	3600	3600
Indice de dépense d'énergie (kWh/m <sup>2</sup> )	48,0	30,0
Consommation d'énergie (MWh/an)	14,4	9,0
Prix moyen de l'énergie (CHF/MWh)	200	200
<b>Coût de l'énergie par an</b>	<b>2880</b>	<b>1800</b>
Lampe de rechange (CHF)	40	0
Coûts de remplacement (CHF)	20	0
Nombre de remplacements en 10 ans	7	0
<b>Frais de maintenance par an</b>	<b>4200</b>	<b>0</b>
Prix par luminaire spot, installation comprise (CHF)	150	350
Installation (CHF)	50	50
<b>Investissement (CHF)</b>	<b>20000</b>	<b>40000</b>
<b>Coûts de maintenance et d'énergie par an</b>	<b>7080</b>	<b>1800</b>
<b>Différence par rapport un luminaire conventionnel et une variante LED</b>	<b>5280</b>	



**Suisse énergie**

Office fédéral de l'énergie OFEN, Worbentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Adresse postale: CH-3003 Berne  
Tél. 031 322 56 11, fax 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.energie-schweiz.ch

N° de commande EDMZ 805.000 f/00.00/000