

GUIDE 03

Éclairer naturellement grâce aux lanterneaux

Recommandations de conception architecturale pour maximiser l'effet des lanterneaux sur les bâtiments

Édition du 09/2017



Éclairer naturellement grâce aux lanternes

Recommandations de conception architecturale

Pour maximiser l'effet des lanternes sur les bâtiments

Guide 03: Septembre 2017

Les détails techniques et les recommandations de ce guide sont basés sur les connaissances validées à l'heure de la rédaction du texte.

Ne peuvent être dérivés quelconque obligation légale ou tout types de responsabilité.

Développé par:
Groupe d'experts d'EUROLUX

Editeur:
EUROLUX
40, Rue Washington
B - 1050 Bruxelles

© EUROLUX, Bruxelles 2017

Sommaire

1. Introduction.....	3
2. Champ d'application	4
3. Références normatives	4
4. Définitions	5
5. Recommandations pour le niveau d'éclairage naturel dans les bâtiments.....	6
5.1 Objectif.....	6
5.2 Position géographique des villes européennes sélectionnées	7
5.3 Valeur cible pour le Facteur de Lumière du Jour FLJ.....	8
5.3.1 Généralités.....	8
5.3.2 Pour un remplissage diffusant – éclairage extérieur global.....	9
5.3.3 Pour un remplissage transparent – éclairage extérieur diffus.....	11
6. Approche simplifiée pour la détermination de la solution lumière adaptée au bâtiment.....	13
6.1 Calcul du nombre de lanterneaux	13
6.2 Différentes stratégies de conception d'éclairage avec les lanterneaux	15
6.3 Méthode conservatrice et simplifiée de calcul de la surface lumineuse.....	15
7. Autonomie en lumière naturelle	18
7.1 Exemple de calcul d'autonomie en lumière naturelle	18
8. Recommandations pour l'installation en toiture	20
9. Sources	23
10. ANNEXE 1 Tableau des niveaux d'éclairage recommandés / EN 12464-1	24
11. ANNEXE 2 (pour information) SATELIGHT.....	26
12. ANNEXE 3 (pour information) Exemples de solutions d'éclairage par les lanterneaux	27
13. ANNEXE 4 (pour info) Exemple de calcul de l'énergie avec des lanterneaux pendant une année avec différentes valeurs de U_{rc} et τ_{D65}:	30
14. ANNEXE 5 Aperçu de villes supplémentaires selon le choix des membres d'EUROLUX	33

1. Introduction

« LUX VITA EST » - La lumière naturelle est vitale

La lumière naturelle est la source de l'évolution des espèces. Généralement, le cycle journalier (jour/nuit) joue un rôle majeur dans la régulation et le maintien des processus biochimiques, physiques et comportementaux chez les êtres vivants. De même, il existe des réactions biochimiques (photosynthèse) chez les plantes, les arbres, les algues, etc.

L'insuffisance de lumière naturelle amènera toute espèce vivante à disparaître tôt ou tard. Notre corps utilise la lumière comme un nutriment pour les processus métaboliques de la même manière que les aliments et l'eau. Pour l'être humain, la dépression saisonnière ainsi que le syndrome du bâtiment malsain (SBM) sont suspectés de provenir directement ou indirectement d'un manque de lumière naturelle. L'être humain a évolué depuis un habitat dans des grottes illuminées par la lumière du feu jusqu'à des bâtiments éclairés par la lumière du jour.

Pendant de nombreuses années, la lumière du jour était la principale source d'éclairage des bâtiments. Depuis que l'utilisation généralisée de critères de conception d'éclairage artificiel (particulièrement électriques) a changé la conception architecturale, le résultat a permis de d'obtenir un environnement interne plus confortable que l'extérieur, ou soulignant parfois l'intérêt de l'utilisation des ressources naturelles.

Aujourd'hui, l'objectif est de réaliser des constructions «durables» pour réduire l'impact sur l'environnement. Dans ce contexte, la lumière du jour doit être la principale source d'éclairage, en tant que partie intégrante des bâtiments «durables», car la lumière du jour est une énergie gratuite. Un système d'éclairage naturel bien conçu permet de réduire l'utilisation de l'électricité.

Il convient toutefois de préciser que, outre l'économie d'énergie, d'autres bénéfices tels que des économies financières peuvent être indirectement générés par l'utilisation de la lumière naturelle.

Les bâtiments non résidentiels sont construits pour permettre aux occupants d'exécuter des tâches le plus efficacement possible. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire d'avoir un système d'éclairage bien conçu.

Ce guide traite des bâtiments utilisés à des fins spécifiques comme par exemple:

- bâtiments commerciaux, magasins de détail,
- bâtiments industriels, usines,
- activités éducatives, écoles, crèches,
- activités culturelles, musées et galeries,
- bâtiments administratifs, bureaux,
- Maisons de santé, hôpitaux,
- Transports publics, aéroports, gares ferroviaires et routières,
- activités sportives, gymnases, stades sportifs, piscines,
- etc ...

Les principes de conception présentés dans ce guide, valables pour tout système d'éclairage naturel, sont plus adaptés aux ouvertures de toit qui permettent d'obtenir une lumière naturelle diffuse et homogène.

Nous pouvons résumer les avantages de l'éclairage naturel zénithal comme ceci:

- La lumière du jour est bonne pour la santé et le bien-être,
- L'éclairage naturel améliore la sensation de confort,
- La lumière du jour stimule le système visuel humain,
- L'amélioration des conditions de l'environnement intérieur accroît la productivité,
- L'accès à la lumière du jour augmente le niveau d'attention pour l'amélioration de la sécurité dans les activités de production,
- L'accès à la lumière du jour augmente le niveau d'attention des élèves en améliorant leurs résultats scolaires (jusqu'à 25%),

- L'éclairage naturel génère des économies d'énergie grâce aux réductions des consommations en éclairage artificiel et du gain de chaleur en hiver,
- Les centres commerciaux éclairés par des lanterneaux enregistrent une augmentation des ventes (jusqu'à 40%),
- Les employés préfèrent opérer dans des zones éclairées naturellement.

EUROLUX a préparé ce guide pour présenter l'ensemble des problématiques liées à l'utilisation des solutions d'éclairage zénithal permettant l'accès à la lumière du jour.

Ce document a été rédigé par les principaux experts européens impliqués depuis plus de 20 ans dans le processus de rédaction des normes et standard.

2. Champ d'application

Ce guide spécifie les recommandations minimales pour obtenir un niveau de lumière et une uniformité adéquats dans les bâtiments via l'accès à la lumière naturelle assurée par les lanterneaux.

Il spécifie des méthodes de calcul simplifiées pour la conception de la disposition et la mise en place de différents types de système d'éclairage zénithal afin d'atteindre le niveau d'éclairage recommandé pour répondre aux nécessités de confort visuel, créer un environnement sain ainsi qu'économiser l'énergie dans les bâtiments.

Ce guide s'applique à tous les types de bâtiments qui peuvent être régulièrement occupés par des personnes pendant de longues périodes, sauf lorsque l'utilisation lumière du jour est contraire à l'usage de l'espace (par exemple, chambres noires, cinémas, salles de concert et théâtres ...).

3. Références normatives

EN 410, *Verre dans la construction - Détermination des caractéristiques lumineuses et solaires des vitrages*

EN 12464-1:2011, *Lumière et éclairage - Éclairage des lieux de travail - Partie 1 : lieux de travail intérieurs*

EN 12665:2011, *Lumière et éclairage - Termes de base et critères pour la spécification des exigences en éclairage*

EN 15193-1:2014, *Performance énergétique des bâtiments – Module 9 - Exigences énergétiques pour l'éclairage - Partie 1: Spécifications*

prEN 17037 *L'éclairage naturel des bâtiments*

4. Définitions

Éclairement en un point E_p sur une surface E_a) E

Quotient du flux lumineux incident $d\Phi$ sur un élément de la surface contenant le point, par la zone dA de cet élément (unité: lm / m^2) [EN 12665]

NOTE 1 L'éclairement E équivaut au rapport du flux lumineux incident sur un élément de la surface à la surface globale de cet élément.

NOTE 2 L'éclairement E est exprimé en lux (lx).

Luminosité

Cette donnée correspond à une perception visuelle selon laquelle une zone semble émettre ou réfléchir plus ou moins de lumière [EN 12665: 2016]

Lanterneau

Ouverture dans le plafond d'une pièce qui, dans la plupart des cas, est aussi le toit de l'immeuble.

NOTE : Il existe de nombreux types d'ouvertures de toit, p.ex. des lanternes ponctuels, des dômes, des verrières ou des voûtes, et des toitures en shed. Les vitrages peuvent avoir divers angles d'inclinaison.

Surface Géométrique de Lumière SGL

Aire de la projection horizontale de la surface éclairante de la partie translucide, pour tous types de lanternes.

Autonomie en lumière du jour (DA)

Pourcentage du temps d'utilisation pendant lequel un certain seuil d'éclairement défini par l'utilisateur est atteint grâce à l'utilisation de la lumière du jour.

En d'autres termes: pourcentage des heures de travail annuelles pendant lesquelles la totalité ou une partie des besoins d'éclairage d'un bâtiment peuvent être satisfaits uniquement par la lumière du jour. Cette donnée prédit le pourcentage d'heures du jour où l'éclairement atteint ou dépasse le niveau d'éclairement nécessaire à la réalisation de la tâche définie.

NOTE: DA est habituellement donnée comme valeur annuelle, mais des représentations saisonnières, mensuelles ou quotidiennes peuvent être faites. Le calcul de DA consiste à déterminer le niveau d'éclairement horaire pour un point de la pièce pour toute l'année. Le taux d'autonomie s'accroît si le niveau d'éclairement d'une heure dépasse un certain seuil pendant la période d'utilisation.

Autonomie spatiale en lumière du jour (sDA)

Pourcentage de surface de plancher qui reçoit au moins 300 lux pour au moins 50% de la période d'occupation annuelle. En d'autres termes: quel est le pourcentage de l'espace recevant une certaine quantité prédéfinie de lumière du jour pour une période de temps prédéfinie.

Facteur de Lumière du Jour FLJ

Rapport entre l'éclairement, E_p , reçu en un point d'un plan de référence, directement ou indirectement depuis un type de ciel normalisé, et l'éclairement extérieur E_a mesuré en zone libre de tout obstacle. On note que les composantes directes des deux éclairagements sont négligées dans le calcul.

$$FLJ = \frac{E_p}{E_a} 100 \%$$

REMARQUE: ce coefficient prend en compte les effets du vitrage, de l'accumulation de saleté, des cadres de fenêtres, des traverses, etc. Pour les besoins de ce document, on considère le ciel couvert standard CIE [1], pour lequel le facteur lumière du jour est constant pour tous les points dans une salle.

Période d'utilisation t_{use}

Le temps durant lequel un niveau d'éclairage naturel est atteint ou dépassé dans un lieu de travail ou dans une zone étudiée à l'intérieur d'un bâtiment.

NOTE: La période d'utilisation peut être déterminée pour un jour, un mois, une saison spécifique, ou pour toute l'année. Cette notion peut être définie aussi par l'autonomie lumineuse.

Période d'utilisation relative $t_{use,rel}$

Rapport entre la durée d'utilisation et le temps de travail effectif

NOTE: La période relative d'utilisation $t_{use,rel}$ est exprimée en pourcentage [%].

Calcul de DA et cDA

L'autonomie en lumière du jour DA ou l'autonomie spatiale en lumière du jour sDA est calculée en utilisant des données météorologiques horaires et est habituellement calculée pour un point dans la pièce ou comme contour / isolignes illustrant la répartition de DA dans toute la pièce. DA et sDA sont données en pourcentage, mais les données d'éclairage pour un point dans la salle peuvent également être utilisées pour fournir non seulement des informations sur la quantité d'éclairage électrique nécessaire, mais aussi savoir quand il faudra avoir recours à l'éclairage artificiel.

Uniformité U_0

Le rapport de l'éclairage minimal à l'éclairage moyen ($U_0 = \bar{E}_{min} / \bar{E}$) [EN 12665]

NOTE: l'uniformité équivalente $g_1 = FLJ_{min} / FLJ$ et l'uniformité $g_2 = FLJ_{min} / FLJ_{max}$ sont également parfois utilisés

5. Recommandations pour le niveau d'éclairage naturel dans les bâtiments

5.1 Objectif

L'objectif de cette démarche est d'atteindre le niveau d'éclairage et d'uniformité recommandés uniquement grâce à la lumière du jour et ce pendant un pourcentage du temps d'occupation le plus élevé possible.

Bien sûr la lumière artificielle doit être intégrée à la conception du système d'éclairage si le niveau d'éclairage requis n'est pas atteint sur toute la durée d'occupation du bâtiment.

Les conditions extérieures variables influent de manière significative sur l'éclairage intérieur produit par le système d'éclairage naturel.

Les variations dépendent de:

- la position géographique (latitude)
- les conditions saisonnières,
- l'heure à laquelle l'éclairage est mesuré,
- les conditions météorologiques (nuageux, ciel couvert, ciel clair),
- Les conditions environnementales (pollution).

En conséquence, la conception du système d'éclairage zénithal et des surfaces de lanterneaux installées nécessite un bon équilibre entre l'ensemble des paramètres mentionnées ci-dessus, les besoins énergétiques du bâtiment et le confort des utilisateurs.

5.2 Position géographique des villes européennes sélectionnées

	Ville	Pays	Latitude									
>60°-70° Extrême Nord de l'Europe	Reykjavik	IS	64,1									
>55°-60° Nord de l'Europe	Helsinki	FI	60,1									
	Stockholm	SE	59,3	Oslo	NO	59,9	Tallinn	EE	59,4			
	Moskva	RU	55,8	Kobenhavn	DK	55,7	Riga	LV	57			
>50°-55° Nord de l'Europe centrale	Hamburg	DE	53,2	Dublin	IE	53	Vilnius	LT	54,7			
	Warszawa	PL	52,3	Berlin	DE	52,5	Amsterdam	NL	52,4			
	London	GB	51,5	Kassel	DE	51,3						
	Brussel	BE	50,8	Praha	CZ	50,1	Luxembourg	LU	49,6			
>45°-50° Europe centrale	Paris	FR	48,8									
	Strasbourg	FR	48,6									
	Vienna	AT	48,2	Bratislava	SK	48,2						
	Rennes	FR	48,1	Munich	DE	48,1						
	Nantes	FR	47,2	Bern	CH	47	Budapest	HU	47,5			
	Lyon	FR	45,8	Milan	IT	45,5	Ljubljana	SI	46	Zagreb	HR	45,8
>40°-45° Sud de l'Europe centrale	Valence	FR	44,9	Bucaresti	RO	44,4	Beograd	RS	44,4			
	Toulouse	FR	43,6									
	Marseille	FR	43,3	Sofia	BU	42,7	Sarajevo	BA	43,3			
	Roma	IT	41,9	Barcelona	ES	41,4	Tirana	AL	41,9			
35°-40° Sud de l'Europe	Madrid	ES	40,4	Valencia	ES	39,4	Ankara	TR	40,4	Lisboa	PT	38,7
	Alger	DZ	36,8	Palermo	IT	38,1	Athens	GR	38	La Valette	MT	36,8

Tableau 1 : Positions géographiques des villes européennes sélectionnées regroupées par bande de latitude de 5°

5.3 Valeur cible pour le Facteur de Lumière du Jour FLJ

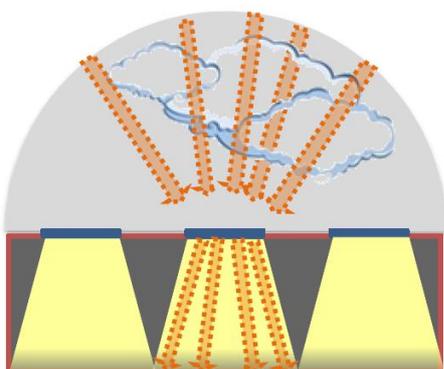
5.3.1 Généralités

La valeur cible pour le facteur de lumière du jour est calculée à l'aide d'une base de données météo. Ce guide utilise des données extraites des bases météorologiques de SATELIGHT (moyenne sur 5 ans réalisée sur années 1996-2000)

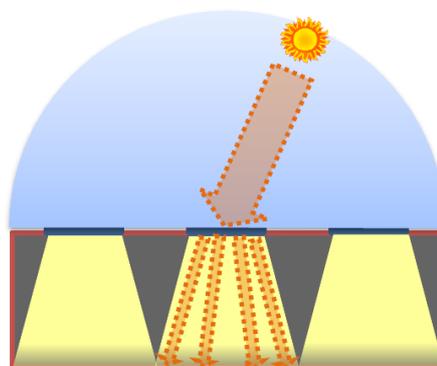
REMARQUE: Pour plus d'informations sur SATELIGHT, voir l'annexe 2.

Il est possible d'utiliser soit une valeur d'éclairage diffuse soit une valeur d'éclairage globale. Avec la valeur d'éclairage diffuse, seul l'éclairage émis par la voûte céleste elle-même est pris en compte. Dans le cas de l'éclairage global, on calcule la somme de l'éclairage de la voûte céleste et de l'éclairage direct provenant du soleil.

Avec un remplissage (vitrage) diffusant, il est possible d'utiliser l'éclairage global car même la partie directe de l'éclairage est diffusée par la plaque translucide.

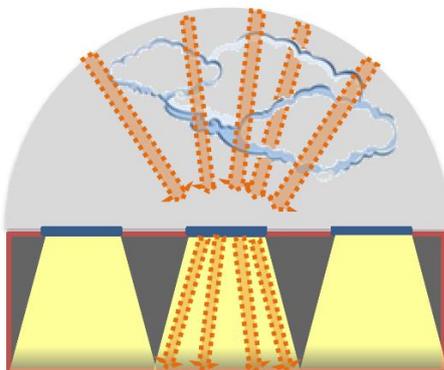


Ciel couvert avec un vitrage diffusant

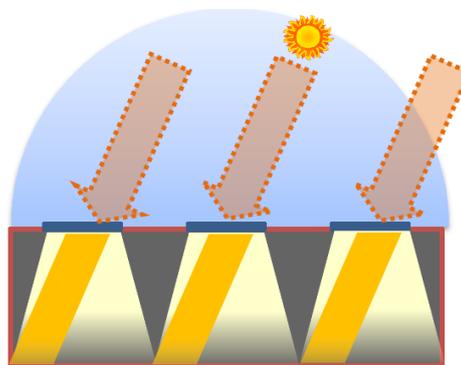


Lumière directe provenant du soleil avec un vitrage diffusant

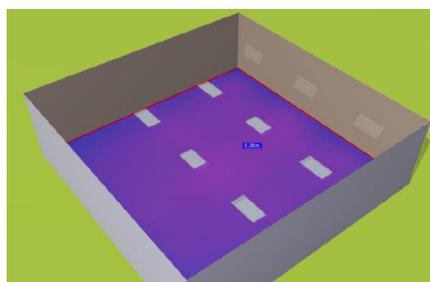
Avec un vitrage transparent, il est seulement possible d'exploiter l'éclairage diffus du soleil étant donné que la composante lumière directe crée la présence de zones d'éblouissement au niveau du sol. Ces zones avec un haut niveau d'éclairage intérieur ne permettent pas de réaliser des calculs de performance lumière. Elles engendrent quelques situations d'inconfort.



Ciel couvert avec un vitrage transparent



Lumière directe provenant du soleil avec un vitrage transparent



5.3.2 Pour un remplissage diffusant – éclairage extérieur global

Pour les ouvertures de toit avec un remplissage diffusant, on utilise l'éclairage extérieur global pour la détermination du facteur de lumière du jour recommandé.

La valeur minimale du facteur lumière du jour indiquée ci-dessous dans le tableau 2 permet d'assurer un éclairage de 300 lux pendant 50% du temps (pour une occupation de 6 h à 22 h). Le facteur de jour recommandé sans prise en compte de l'occultation peut garantir un éclairage de 400 lux pendant 50% du temps (occupation de 6 h à 22 h) sans système d'occultation installé au niveau de la toiture. Le facteur de jour recommandé avec ombrage peut donner un éclairage de 500 lux pour 50% du temps avec un système d'occultation installé sur les ouvertures de toit.

REMARQUE: Lorsque vous utilisez la valeur du niveau d'éclairage pour une ville (voir le tableau 2), gardez à l'esprit que les paramètres du climat local peuvent varier en dépit d'une latitude équivalente.

	Facteur de lumière du jour minimal %	Facteur lumière du jour recommandé sans système d'occultation %	Facteur lumière du jour recommandé avec système d'occultation %
>60°-70° Extrême Nord de l'Europe	4,0%	5,7%	6,7%
>55°-60° Nord de l'Europe	3,4%	4,8%	5,6%
>50°-55° Nord de l'Europe centrale	3,1%	4,1%	5,2%
>45°-50° Europe centrale	2,8%	3,7%	4,6%
>40°-45° Sud de l'Europe centrale	2,0%	2,6%	3,3%
35°-40° Sud de l'Europe	1,4%	1,9%	2,3%

Tableau 2 valeurs de facteur de lumière du jour - minimum et recommandé - pour différentes zones géographiques situées en Europe afin d'obtenir un certain taux d'autonomie de lumière du jour grâce à des lanternes équipés de remplissages diffusants

	Ville	Pays	Latitude	Niveau d'éclairage global durant 50% du temps pendant un an (occupation 6h à 22h)	Eclairage minimum de 300 lux 50 % du temps	Eclairage recommandé > 400 lux sans système d'occultation 50 % du temps	Eclairage recommandé > 500 lux avec système d'occultation 50 % du temps
				Lux	FLJ [%]	FLJ [%]	FLJ [%]
>60°-70° Extrême nord de l'Europe	Reykjavik	IS	64,1	7 500	4,0%	5,7%	6,7%
>55°-60° Nord de l'Europe	Stockholm	SE	59,3	8 938	3,4%	4,8%	5,6%
	Moskva	RU	55,8	10 468	2,9%	3,9%	4,8%
>50°-55° Nord de l'Europe centrale	Hamburg	DE	53,2	9 648	3,1%	4,1%	5,2%
	Warszawa	PL	52,3	9 977	3,0%	4,0%	5,0%
	London	GB	51,5	10 448	2,9%	3,9%	4,8%
	Brussels	BE	50,8	10 421	2,9%	3,9%	4,8%
>45°-50° Europe centrale	Strasbourg	FR	48,6	10 797	2,8%	3,7%	4,6%
	Paris	FR	48,8	12 215	2,5%	3,2%	4,1%
	Vienna	AT	48,2	11 298	2,7%	3,5%	4,4%
	Rennes	FR	48,1	12 947	2,3%	3,1%	3,9%
	Nantes	FR	47,2	13 681	2,2%	2,9%	3,7%
	Lyon	FR	45,8	13 214	2,3%	3,0%	3,8%
>40°-45° Sud de l'Europe centrale	Toulouse	FR	43,6	15 287	2,0%	2,6%	3,3%
	Valence	FR	44,9	14 694	2,0%	2,7%	3,4%
	Marseille	FR	43,3	19 685	1,5%	2,1%	2,5%
	Roma	IT	41,9	19 332	1,6%	2,0%	2,6%
35°-40° Sud de l'Europe	Madrid	ES	40,4	21 640	1,4%	1,9%	2,3%
	Alger	DZ	36,8	23 247	1,3%	1,8%	2,2%

Tableau 3 : Valeurs de facteur de lumière du jour - minimum et recommandé - pour différentes villes européennes pour atteindre une autonomie de lumière du jour grâce à des lanternes équipés de remplissages diffusants.

REMARQUE: Les membres d'EUROLUX sont autorisés à ajouter plus de villes de leur pays avec des valeurs associées dans une annexe individuelle en utilisant la même procédure.

5.3.3 Pour un remplissage transparent – éclairage extérieur diffus

En ce qui concerne les ouvertures de toit avec des remplissages transparents, on utilise l'éclairage extérieur diffus pour la détermination du facteur de lumière du jour recommandé.

Ce guide utilise des données extraites des bases météorologiques de SATELIGHT (moyenne de 5 ans sur les années 1996-2000).

REMARQUE: pour plus d'informations sur SATELIGHT, voir l'annexe 2

La valeur minimale du facteur lumière du jour permet d'assurer un éclairage de 300 lux pendant 50% du temps (pour une occupation de 6 h à 22 h). Le facteur de jour recommandé sans prise en compte de l'occultation permet de garantir un éclairage de 400 lux pendant 50% du temps (occupation de 6 h à 22 h) sans système d'occultation installé au niveau de la toiture. Le facteur de jour recommandé avec système d'ombrage peut donner un éclairage de 500 lux pendant 50% du temps avec le système d'occultation installé sur les ouvertures de toit.

Le système d'occultation doit être fonctionnel durant en cas de présence de l'éclairage direct.

	Facteur de lumière du jour minimal	Facteur lumière du jour recommandé sans système d'occultation	Facteur lumière du jour recommandé avec système d'occultation
	%	%	%
>60°-70° Extrême Nord de l'Europe	5,0%	6,0%	8,3%
>55°-60° Nord de l'Europe	4,2%	5,6%	6,9%
>50°-55° Nord de l'Europe centrale	3,6%	4,9%	6,0%
>45°-50° Europe centrale	3,3%	4,3%	5,4%
>40°-45° Sud de l'Europe centrale	2,8%	3,8%	4,7%
35°-40° Sud de l'Europe	2,7%	3,6%	4,5%

Tableau 4 : Recommandations pour le facteur de lumière du jour - minimum et recommandé - pour différentes zones géographiques situées en Europe afin d'obtenir un certain taux d'autonomie de lumière grâce à des remplissages transparents utilisant différents système d'occultation

	Ville	Pays	Latitude	Niveau d'éclairage global durant 50% du temps pendant un an (occupation 6h à 22h)	Eclairage minimum de 300 lux 50 % du temps	Eclairage recommandé > 400 lux sans système d'occultation 50 % du temps	Eclairage recommandé > 500 lux avec système d'occultation 50 % du temps
				Lux	FLJ [%]	FLJ [%]	FLJ [%]
>60°-70° Extrême nord de l'Europe	Reykjavik	IS	64,1	7 500	5,0%	6,0%	8,3%
>55°-60° Nord de l'Europe	Stockholm	SE	59,3	8 938	4,2%	5,6%	6,9%
	Moskva	RU	55,8	10 468	3,6%	4,9%	6,1%
>50°-55° Nord de l'Europe centrale	Hamburg	DE	53,2	9 648	3,6%	4,9%	6,0%
	Warszawa	PL	52,3	9 977	3,5%	4,8%	5,9%
	London	GB	51,5	10 448	3,4%	4,5%	5,6%
	Brussels	BE	50,8	10 421	3,4%	4,5%	5,6%
>45°-50° Europe centrale	Strasbourg	FR	48,6	10 797	3,3%	4,3%	5,4%
	Paris	FR	48,8	12 215	3,1%	4,1%	5,2%
	Vienna	AT	48,2	11 298	3,2%	4,3%	5,3%
	Rennes	FR	48,1	12 947	3,0%	4,0%	4,9%
	Nantes	FR	47,2	13 681	2,9%	3,9%	4,8%
	Lyon	FR	45,8	13 214	3,0%	4,0%	5,0%
>40°-45° Sud de l'Europe centrale	Toulouse	FR	43,6	15 287	2,8%	3,8%	4,7%
	Valence	FR	44,9	14 694	2,9%	3,9%	4,9%
	Marseille	FR	43,3	19 685	2,8%	3,8%	4,7%
	Roma	IT	41,9	19 332	2,7%	3,6%	4,5%
35°-40° Sud de l'Europe	Madrid	ES	40,4	21 640	2,7%	3,6%	4,5%
	Alger	DZ	36,8	23 247	2,5%	3,4%	4,2%

Tableau 5 : Recommandations pour le facteur de lumière du jour - minimum et recommandé - pour différentes villes européennes pour atteindre une autonomie de lumière du jour grâce à des remplissages transparents avec différents systèmes d'occultation.

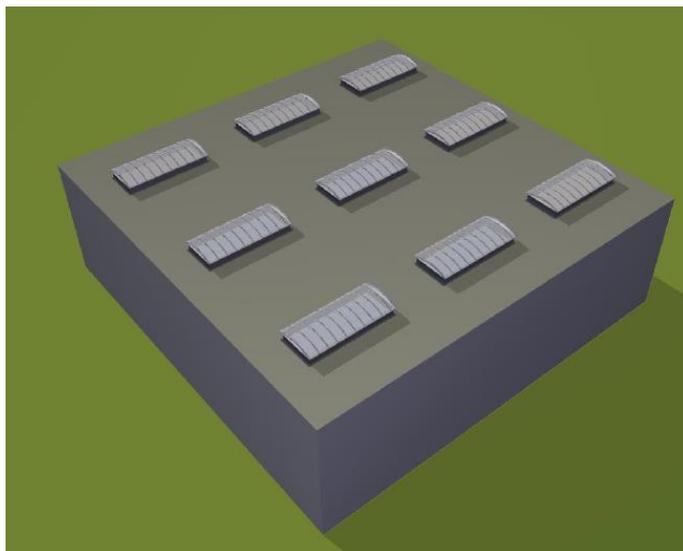
REMARQUE: Les membres d'EUROLUX sont autorisés à ajouter plus de villes de leur pays avec des valeurs associées dans une annexe individuelle en utilisant la même procédure.

6. Approche simplifiée pour la détermination de la solution lumière naturelle adaptée au bâtiment

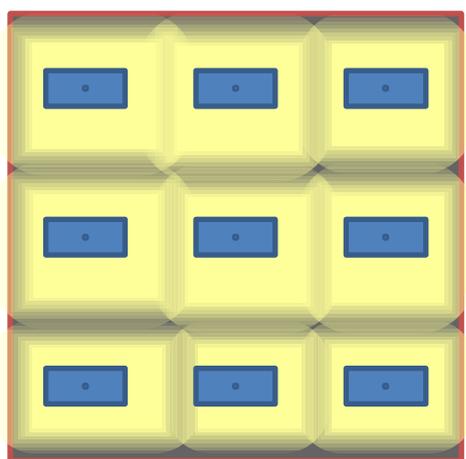
6.1 Calcul du nombre de lanternes

Il est conseillé de séparer les ouvertures de toit d'une distance de 1,0 à 1,5 fois la hauteur du plafond (distance centre-centre des lanternes dans les deux directions).

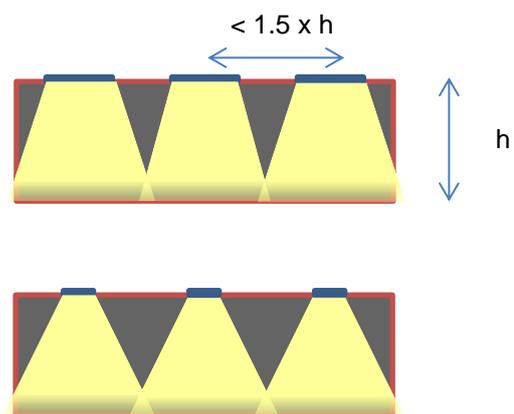
Présentation en vue 3D



Position correcte en vue de dessus



Position correcte vue en coupe



h : hauteur

Nombre de points lumineux insuffisants / Mauvaise répartition de la lumière

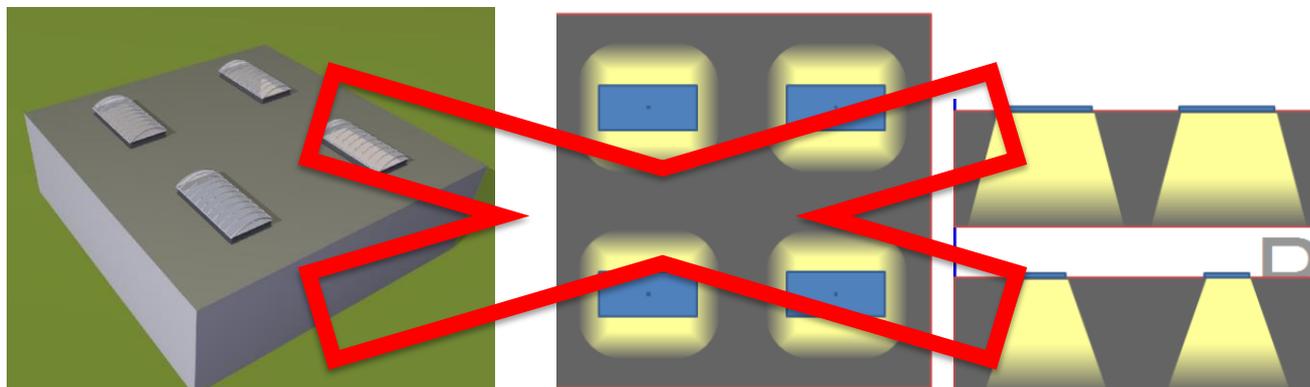


Figure 4: Définition du facteur lumière du jour dans une pièce éclairée des lanternes

Hauteur du plafond	Surface de sol maximale éclairée par le lanterneau
m	m ²
4	30
5	40
6	50
7	60
8	70
9	80
10	90
11	100
12	100

Tableau 6: Rapport entre la hauteur du plafond et la zone du bâtiment éclairée pour les lanternes selon de la pratique courante

$$\text{Nombre minimal de lanternes} = \frac{\text{surface du bâtiment}}{\text{surface maximale éclairée par les lanternes}}$$

REMARQUE: le résultat doit être arrondi à la valeur supérieure la plus proche.

Par exemple: Un bâtiment de 1.000 m² avec une hauteur de 8 m nécessite au minimum 15 lanternes (1000/70 = 14.3 arrondi à 15).

Il est permis d'interpoler entre les lignes du tableau 6. Il est recommandé d'arrondir les chiffres calculés en nombres entiers.

6.2 Différentes stratégies de conception d'éclairage avec les lanternes

L'objectif principal est d'atteindre un certain niveau d'éclairage dans un espace. L'utilisation de différentes stratégies d'éclairage le permet.

Si le concepteur souhaite avoir plus de points lumineux, les lanternes ponctuelles sont le meilleur choix.

Si le concepteur souhaite avoir des bandes plus éclairées, il doit prévoir des lanternes continues.

Il pourrait également être possible d'atteindre un résultat équivalent avec une combinaison des deux types de lanternes.

Conclusion:

Le concepteur doit proposer une solution économique pour le client et l'utilisateur et répondant aux exigences réglementaire.

6.3 Méthode conservatrice et simplifiée de calcul de la surface lumineuse

Dans les immeubles non résidentiels dont la hauteur varie de 4 m à 10 m avec des dimensions de lanterneau minimales de commençant par 1,2 m x 1,2 m (surface lumière) et hauteur maximale de 500 mm, le pourcentage de surface de la lumière doit être calculé selon la formule suivante:

$$\text{Pourcentage de surface géométrique lumière : } \text{SGL} = \frac{K_L}{\tau_{D65}} \times \text{FLJ}$$

Avec

FLJ Facteur de Lumière du Jour (en %)

K_L Constante

τ_{D65} Transmission lumineuse pour une source de lumière standard D65 (en %)

Le coefficient K_L est défini comme suit:

$K_L = 2,3$

Pour obtenir le meilleur compromis entre les méthodes de calcul actuelles, il est important de considérer les systèmes d'occultation, pour une période définie de l'année.

Exemple d'application: (avec un remplissage diffusant)

Un bâtiment de 1000m², hauteur de 8m à Strasbourg, lanternes avec remplissage diffusant ($\tau_{D65} = 52\%$)

La ville de Strasbourg fait partie de la zone géographique Europe centrale. Le facteur de lumière du jour minimal est donc : 2.8% (voir tableau 3), $\tau_{D65} = 52\%$

La surface géométrique lumière vaut donc $\text{SGL} = 2.3 \times 2.8 / 0.52 = 12.4\%$

La surface géométrique lumière est égale à : 1.000 m² x 12.4 % = 124 m²

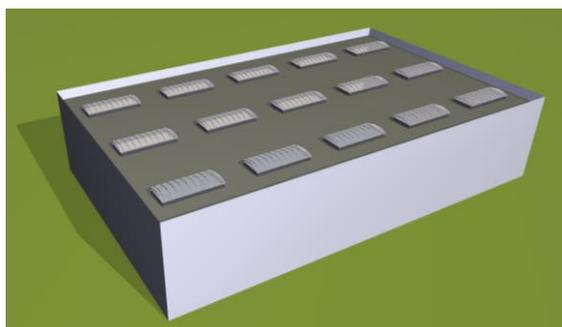
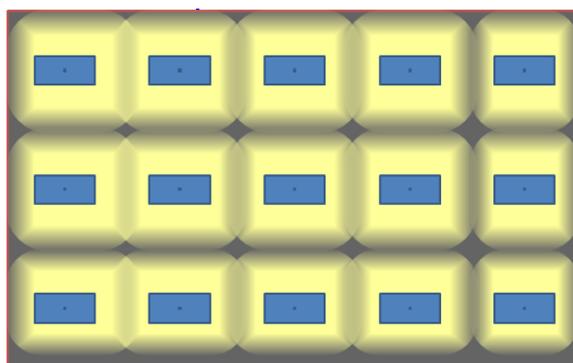
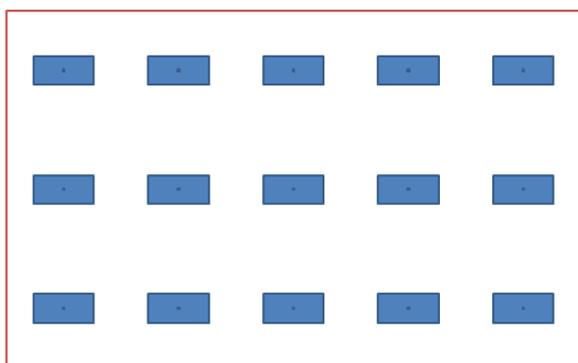
Le nombre minimal des lanternes :

Tableau 6 => hauteur de 8m -> 70m² par lanterneau

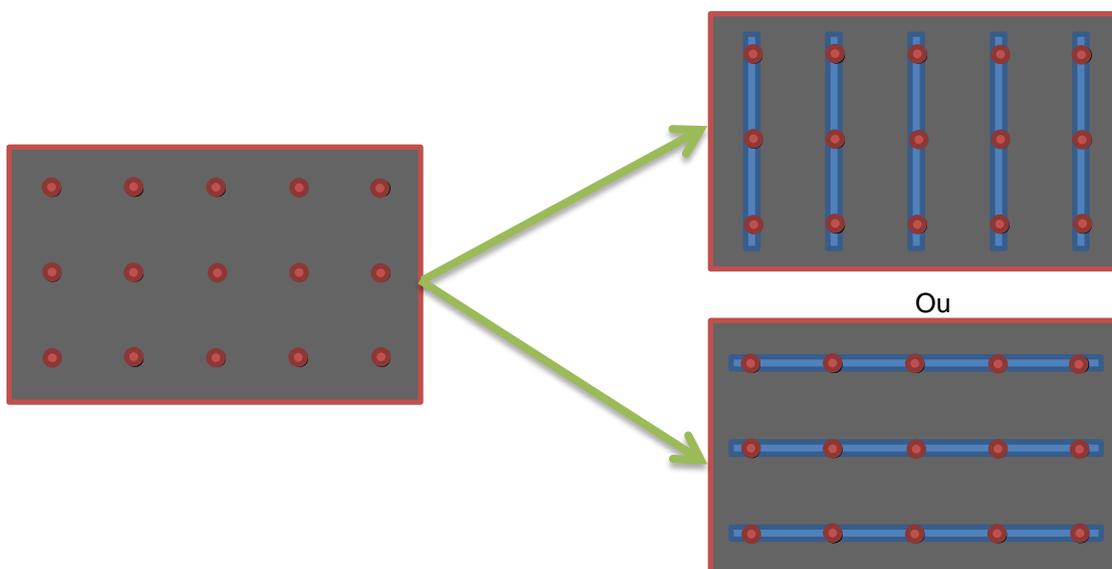
Donc le nombre de lanternes correspond à $\Rightarrow 1000 \text{ m}^2 / 70 \text{ m}^2 = 14.3$ arrondi à 15

- 1) Avec 15 lanternes (ponctuels ou filants)
 Surface du lanterneau $124 \text{ m}^2 / 15 \text{ m}^2 = 8.27 \text{ m}^2$
 Choix de dimensions des lanternes $2 \text{ m} \times 4.13 \text{ m}$

Illustration de la solution pour l'éclairage zénithal:

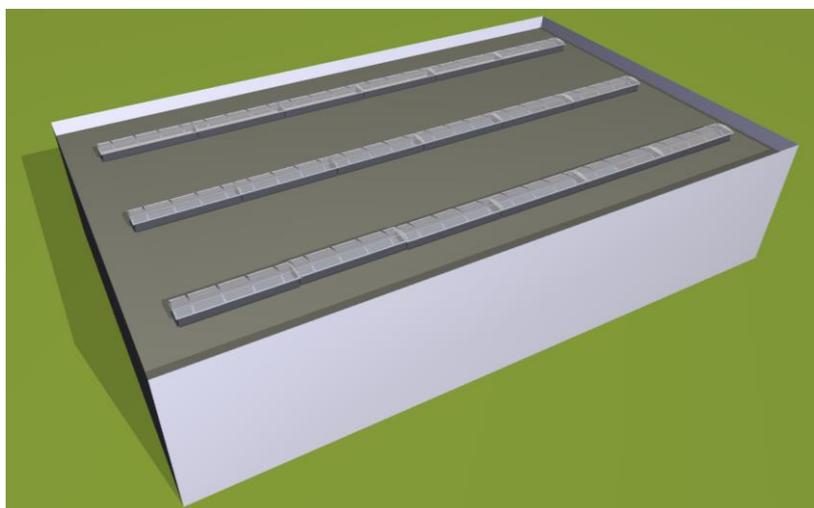
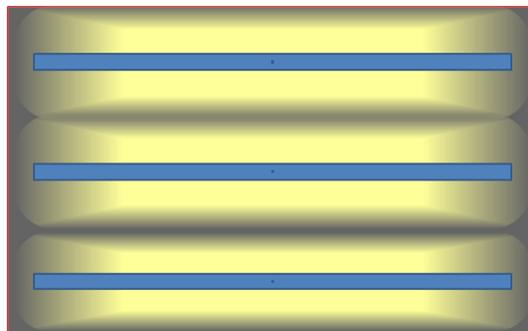
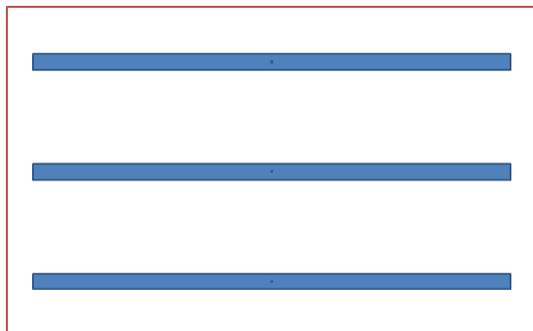


- 2) Avec lanternes filants entre les murs
 Afin d'aboutir à une bonne répartition des lanternes filants, il est possible d'utiliser un croquis avec autant de points que le nombre minimal des sources de lumière naturelle. La solution est validée si un lanterneau filant (voûte) passe sur chaque point de la grille.



3 lanterneaux filants, longueur = $40 - (2 \times 2) = 36$ m

Largeur des lanterneaux = $124 / (36 \times 3) = 1.2$ m



Cette méthode conservatrice et simplifiée de calcul de la surface géométrique lumière donne une approche permettant d'aboutir à une solution d'éclairage naturel adaptée à tout type de bâtiment.

L'utilisation d'autres méthodes de calculs détaillées (logiciels informatiques etc) nécessite une comparaison avec la méthode simplifiée. Si votre résultat présente une différence de 30% ou plus avec la méthode préalablement explicitée, pensez à vérifier les paramètres de votre calcul !

7. Autonomie en lumière naturelle

7.1 Exemple de calcul d'autonomie en lumière naturelle

Vous pouvez voir sur l'exemple N° 1 et N° 2 différentes plages horaires pendant un mois où l'éclairage atteint ou dépasse le niveau d'éclairage correspondant à la tâche prédéfinie (300 Lux et 1.000 Lux dans le bâtiment).

Pour l'exemple N° 1, la conception de l'éclairage zénithal assure un facteur de lumière du jour FLJ = 2,5%. En juin, nous avons plus de 300 heures au niveau d'éclairage (correspond à l'usage défini) de 300 Lux et plus de 180 heures au niveau d'éclairage de 1.000 Lux dans le bâtiment.

En février, nous avons plus de 130 heures avec de 300 Lux dans le bâtiment.

Ainsi, il est recommandé de baisser ou de ne pas avoir recours à l'éclairage artificiel durant ces plages horaires et le remplacer par l'utilisation de la lumière du jour.

Pour l'exemple N° 2, la conception de l'éclairage zénithal offre un facteur de lumière du jour FLJ = 0,7%.

En juin, nous avons plus de 160 heures au niveau d'éclairage (correspond à l'usage défini) de 300 Lux et le niveau de 1.000 Lux n'est jamais atteint.

En février, nous avons environ 10 heures avec 300 Lux dans le bâtiment.

Donc, dans ce cas, le bénéfice de la baisse de l'éclairage artificiel est très faible.

Exemple N°1

Surface du bâtiment: 5000 m²

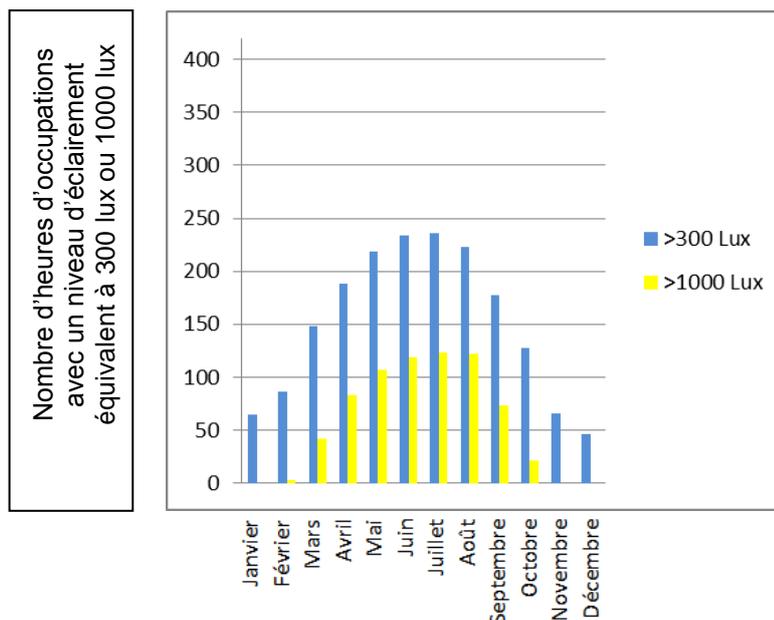
Hauteur du bâtiment: 8 m

Position géographique: Paris

Facteur Lumière du Jour: 2.5% (Facteur lumière du jour minimal - à partir du tableau 3)

Surface Géométrique Lumière: 11%

Lanterneau avec un remplissage diffusant: Transmission lumineuse τ_{D65} : 52%



Remarque : Ces données mensuelles proviennent de la base de données Satellight

Exemple N°2

Surface du bâtiment: 5000 m²

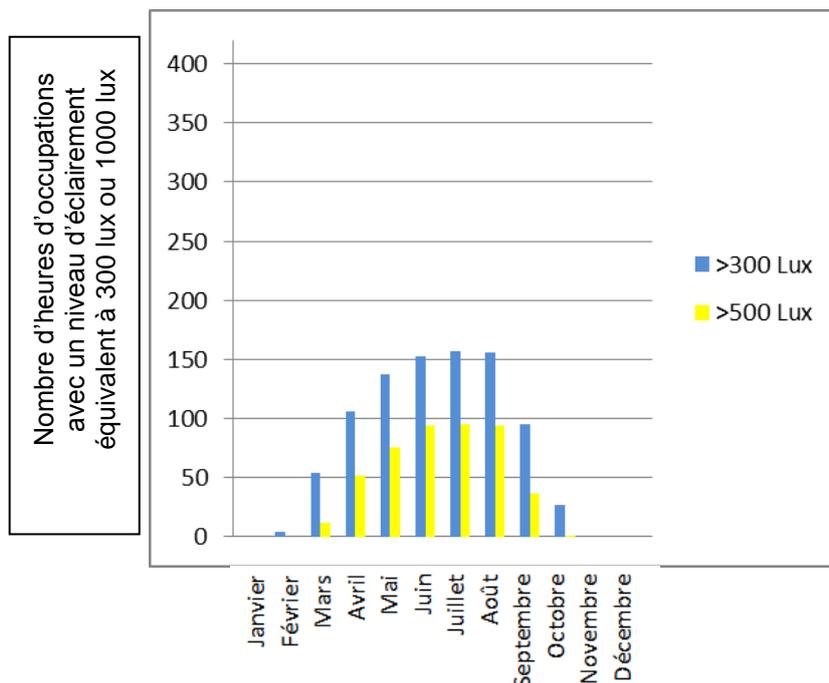
Hauteur du bâtiment: 8 m

Position géographique: Paris

Facteur Lumière du Jour: 0.7%

Surface Géométrique Lumière: 3%

Lanterneau avec un remplissage diffusant: Transmission lumineuse τ_{D65} : 52%



En juin, nous avons :

pour FLJ = 2.5 %	Pour FLJ = 0.7%
11 % de Surface Géométrique Lumière	3% de Surface Géométrique Lumière
Plus de 300 heures à 300 lux	160 heures à 300 lux
Plus de 180 heures à 1000 lux	0 heures à 1000 lux

En février, nous avons :

Pour FLJ = 2.5 %	for D = 0.7 %
11 % de Surface Géométrique Lumière	3 % de Surface Géométrique Lumière
Plus de 130 heures à 300 lux	10 heures à 300 Lux

8. Recommandations pour l'installation en toiture

Règles générales pour la disposition, la répartition, la pose et l'assemblage des lanterneaux

Les lanterneaux de petites dimensions disposés de manière sur la toiture permettent une distribution d'éclairage plus homogène et uniforme au sein du bâtiment que les appareils de grandes dimensions.

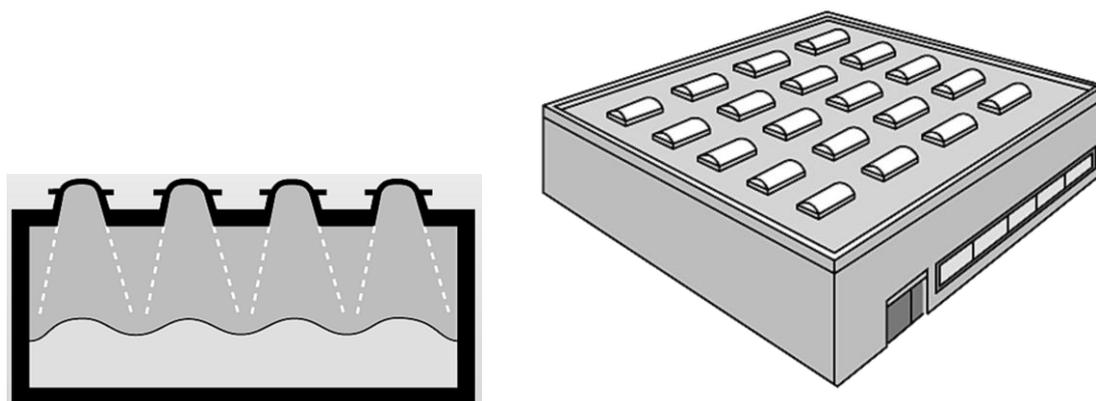


Figure 7 : Lumière du jour avec des lanterneaux ponctuels

Les espaces intérieurs avec des plafonds bas doivent être équipés d'ouvertures plus petites et plus proches les unes des autres. Tandis que les bâtiments avec des plafonds hauts peuvent disposer d'ouvertures plus larges avec des distances les séparant plus grandes.

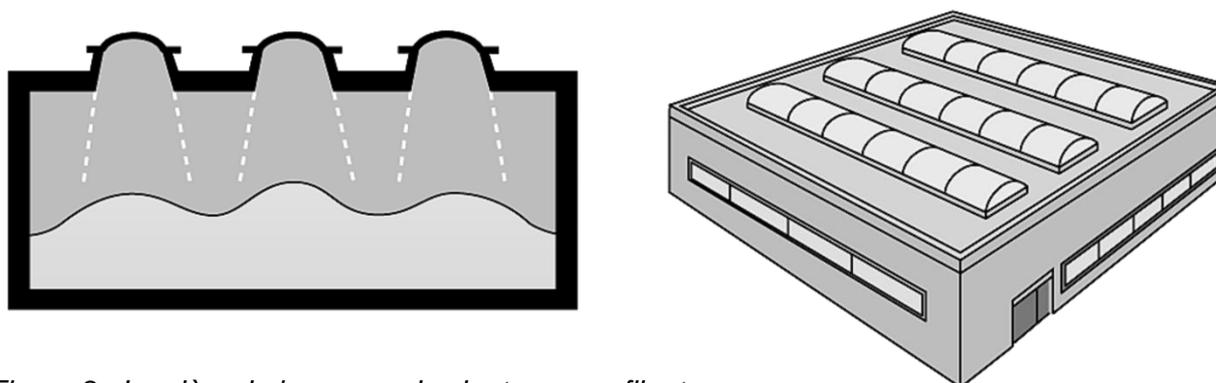


Figure 8 : Lumière du jour avec des lanterneaux filants

Il est recommandé d'opter pour différents types de lanterneaux – lanterneaux filants pour un positionnement au-dessus des allées principales et lanterneaux ponctuels pour une diffusion de lumière plus uniforme au sol.

Il est recommandé de sélectionner un seul type et une seule dimension de lanternes (valable pour les lanternes ponctuels) ou de choisir des lanternes filantes dont la corde est identique. Cela garantit que la disposition des lanternes se fasse sans qu'il y ait de confusion.

Il est recommandé pour les lanternes filantes de choisir une corde qui soit inférieure ou égale à la moitié de la hauteur du plafond.

Il est conseillé de prévoir un espacement entre les lanternes ponctuels de 1,0 à 1,5 fois la hauteur du plafond (distance centre-centre dans les deux directions)

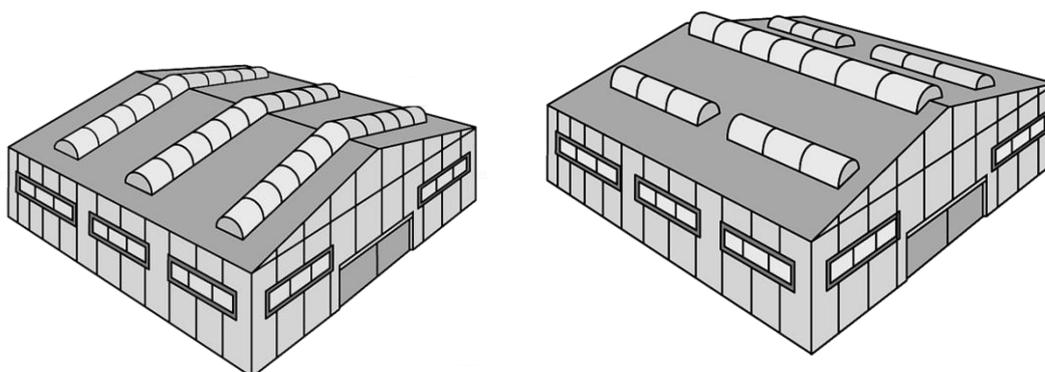
Il est recommandé pour les lanternes filantes de choisir une distance "e" (du centre d'un lanterneau au centre d'un autre) équivalente ou deux fois supérieure à la largeur "b" du lanterneau soit $e \geq 2 b$.

Il est recommandé d'avoir un espacement de 1 m entre deux lanternes ponctuels ou filantes . Cela permet aux couvreurs de disposer de suffisamment d'espace pour un réaliser un montage correct, une fixation sûre des appareils et une bonne étanchéité. En outre, la réalisation des opérations de maintenance devient plus simple.

Pour les lanternes filantes, il est recommandé de les placer entre la deuxième poutre et l'avant dernière, afin de laisser une zone libre aux deux extrémités. Cela simplifie beaucoup la jonction avec la toiture.

Drainage

Les lanternes filantes peuvent être installées perpendiculairement au faitage, si la toiture a une pente faible.



Il est recommandé de placer un lanterneau filant au centre du faitage. En outre, pour les toitures étanchées de faible pente, il est possible de placer les lanternes filantes parallèlement au faitage, si la longueur du lanterneau ne dépasse pas 10 m et que la hauteur de costière est suffisante (Distance entre la membrane d'étanchéité et le haut de la costière supérieure à 25 cm). Ces recommandations ne s'appliquent pas aux plaques ondulées ou aux profilés métalliques.

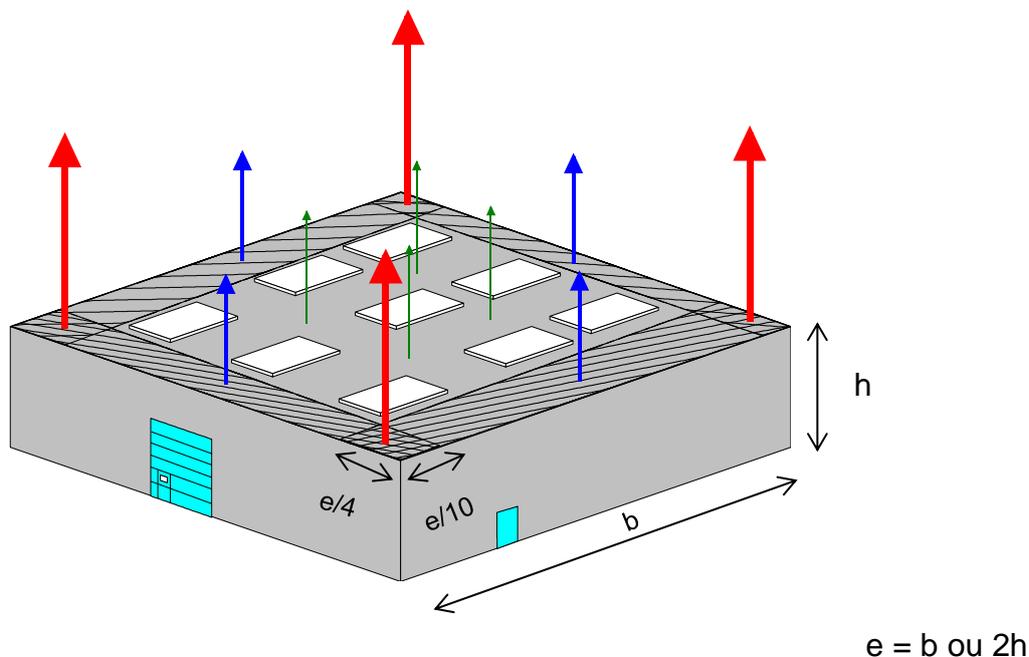
REMARQUE: Dans de tels cas, il est recommandé de réaliser un coin de drainage en matériau isolant.

Toiture sèches

Pour toitures sèches, il est recommandé de poser les lanternes suivant l'orientation du faitage ou aussi près que possible du faitage et d'utiliser des plaques de recouvrement alignées sur le côté du faitage.

Charges de vent (zone périphérique du toit)

En raison des pics d'aspiration du vent sur les bords et les coins des toits plats et aussi des toits inclinés, il est recommandé de ne pas installer de lanterneaux sur une bande périphérique de 2,0 m de largeur. Il est possible aussi de déterminer et utiliser des points de fixations supplémentaires et des lanterneaux adaptées à des charges de vent plus élevées.



REMARQUE:

Les bâtiments dont la hauteur est supérieure à 20m qui sont situés dans des zones exposées peuvent également connaître des pics d'aspiration du vent au milieu de la toiture. Pour en savoir plus, voir Eurocodes EN1991-1-3

Il est recommandé d'utiliser en vitrage des matériaux qui offrent une bonne réfraction optique garantissant un éclairage diffus satisfaisant des espaces intérieurs. L'utilisation de vitrages clairs n'est généralement pas recommandée pour des lanterneaux ponctuels et filants.

9. Sources

- Fischer, U., Der Transmissionsgrad für Fenster bei Beleuchtung durch den bedeckten Himmel, Lichttechnik 27 (1975), H. 12, S. 461
- Fischer, U.: Oberlichter – Beleuchtung als Geschenk des Himmels, F. H. Kleffmann Verlag GmbH, Bochum 2003
- Tonne, F, Besser bauen mit Besonnungs- und Tageslichtplanung,-1, Verlag Karl Hoffmann, Schorndorf, 1954
- Longmore, J., The BRS Daylight Protractor, H.M.S.O., London, 1986
- Schmidt, M., Eine Möglichkeit der Berechnung des Tageslichtquotienten bei ungleichmäßiger Verbauung vor senkrecht stehenden Fenstern, Licht 53 (2001), H. 1/2, S. 62-69
- Krochmann, J. und Lindner, U., Tageslichtbeleuchtung für Fenster mit lichtstreuenden Gläsern, Lichttechnik 23 (1971), H. 3, S. 131
- Tageslicht“, aus: Handbuch für Beleuchtung, 5. Auflage 1992, ecomed-Verlagsgesellschaft mbH, Landsberg am Lech
- S. Aydinli, J. Krochmann, M. Seidl, Possibilities for Energy Saving for Electrical Light of Interiors in Consideration of the Visual Task; Proceedings of the European Conference on Architecture, 6-10. April 1987, Munich, Germany
- Reinhart, C F, Daylight Availability and Manual Lighting Control in Office Buildings – Simulation Studies and Analysis of Measurements; Karlsruhe 2001

10. ANNEXE 1

Tableau des niveaux d'éclairage recommandés / EN 12464-1

\bar{E}_m [lx] = éclairage à maintenir moyen en Lux

L'éclairage moyen à maintenir sur la surface de référence ne doit pas être inférieur aux valeurs données ci-dessous. Elles sont valables pour des conditions visuelles normales et tiennent compte des facteurs de confort visuel, du bien-être, des tâches visuelles et d'ergonomie, de sécurité, d'économie et des conditions réelles du bâtiment.

Besoins d'éclairage pour les zones intérieures selon les usages et les activités

Ce niveau d'éclairage est nécessaire pour assurer les conditions de la réalisation des tâches prédéfinies. Il est possible d'atteindre ce niveau d'éclairage avec la lumière du jour pendant une durée suffisante et par l'éclairage électrique le reste du temps.

Espaces communs au sein du bâtiment

Type d'intérieur, tâche ou activité	\bar{E}_m [lx]
Ref. no. 5.1.1 Zones de circulation et couloirs	100

Espaces communs au sein du bâtiment – Salles de repos, d'installations sanitaires et de premier secours

Type d'intérieur, tâche ou activité	\bar{E}_m [lx]
Ref. no. 5.2.1 Cantines	200
Ref. no. 5.2.3 Salles d'exercices physiques	300
Ref. no. 5.2.5 Salles de soins	500

Espaces communs au sein du bâtiment – Salles de commande ou de contrôle

Type d'intérieur, tâche ou activité	\bar{E}_m [lx]
Ref. no. 5.3.1 Salles des matériels, salles de commutation ou distribution	200
Ref. no. 5.3.2 Téléx, local courrier, tableau de distribution (standards)	500

Espaces communs au sein du bâtiment – Zones de rangement en rayonnage

Type d'intérieur, tâche ou activité	\bar{E}_m [lx]
Ref. no. 5.5.2 Allées centrales : occupées	150
Ref. no. 5.5.4 Façade du rayonnage	200

Éclairage des activités industrielles et des métiers

Type d'intérieur, tâche ou activité	\bar{E}_m [lx]
Ref. no. 5.8.3 Travail sur machine	300
Ref. no. 5.11.5 Travail d'assemblage : de grande dimension par exemple : les grands transformateurs	300
Ref. no. 5.18.9 Travail de plaques métalliques : épaisseur < 5 mm	300
Ref. no. 5.19.2 Fabrication et transformation du papier, machines à papier et carton ondulé, fabrication de carton et de sac	300
Ref. no. 5.24.6 Maintenance générale, réparation et essai	300
Ref. no. 5.24.2 Travail physique d'assemblage	500
Ref. no. 5.10.5 Production pharmaceutique	500

Ref. no. 5.19.3 Travail habituel de reliure par exemple : pliage, triage, collage, coupage, impression en relief, couture	500
Ref. no. 5.9.4 Polissage des verres optiques, cristal, polissage à la main et gravure	750
Ref. no. 5.9.6 Travail de précision par exemple le polissage décoratif, la peinture à la main	1000
Ref. no. 5.11.6 Ateliers d'électronique, essais, mise au point	1500

Bureaux

Type d'intérieur, tâche ou activité	\bar{E}_m [Ix]
Ref. no. 5.26.6 Réception	300
Ref. no. 5.26.2 Écriture, dactylographie, lecture, traitement de données	500
Ref. no. 5.26.3 Dessin industriel	750

Magasins de vente au détail

Type d'intérieur, tâche ou activité	\bar{E}_m [Ix]
Ref. no. 5.27.1 Zones de vente	300
Ref. no. 5.27.2 Zones des caisses	500

Eclairage des lieux publics – Foires, halls d'exposition

Type d'intérieur, tâche ou activité	\bar{E}_m [Ix]
Ref. no. 5.31.1 Eclairage général	300

Eclairage des locaux scolaires – Bâtiments scolaires

Type d'intérieur, tâche ou activité	\bar{E}_m [Ix]
Ref. no. 5.36.1 Salles de classe en primaire et secondaire	300
Ref. no. 5.36.2 Salles de classe pour les cours du soir et enseignement aux adultes	500
Ref. no. 5.36.8 Salles de dessin industriel	750

Eclairage des établissements de santé – Salles d'examens (général)

Type d'intérieur, tâche ou activité	\bar{E}_m [Ix]
Ref. no. 5.40.1 Eclairage général	500
Ref. no. 5.40.2 Examens et traitement	1 000

Eclairage des établissements de santé – Salles d'opération

Type d'intérieur, tâche ou activité	\bar{E}_m [Ix]
Ref. no. 5.46.1 Salles de préparation et de réveil	500
Ref. no. 5.46.2 Salles d'opération	1 000

11. ANNEXE 2 (pour information)

SATELIGHT

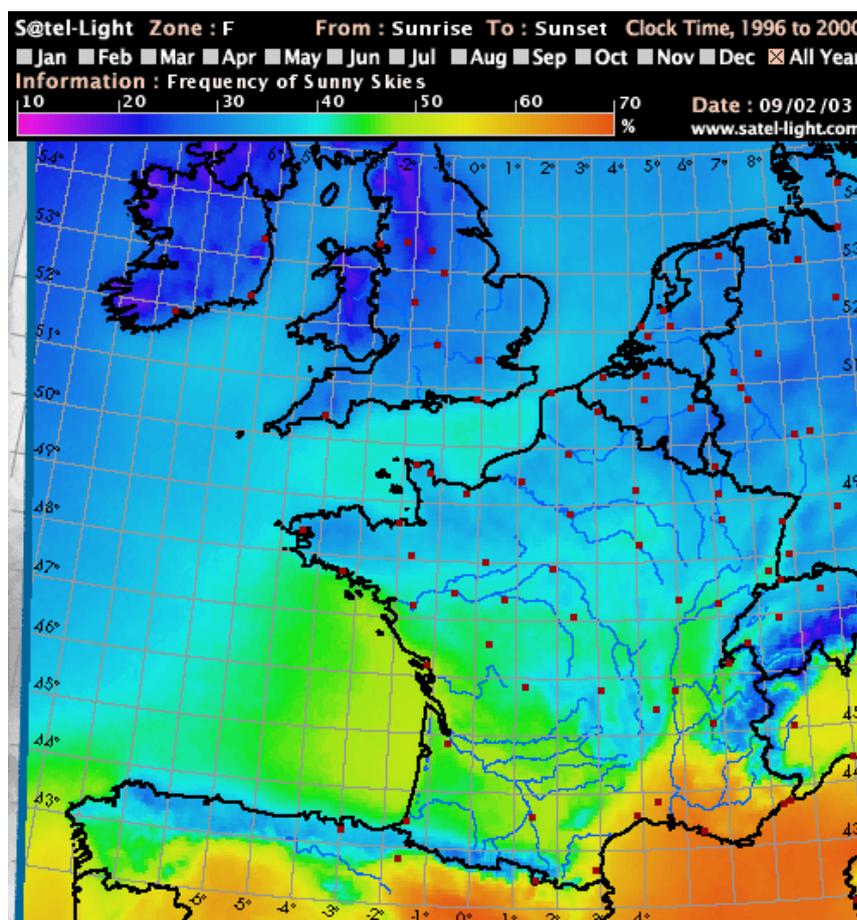
Développé par dix groupes de recherche européens et coordonné par une équipe du département Génie Civil et Bâtiment (DGCB-CNRS) à l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE), à Lyon, en France, SATELIGHT est un programme européen de recherche (Joule DGXII) visant à mettre à disposition sur Internet, une base de données sur la lumière du jour et le rayonnement solaire pour l'Europe occidentale et centrale (de Lisbonne à Moscou). Les données sont calculées à partir d'images fournies par le satellite METEOSAT, toutes les demi-heures, et couvrent une superficie d'environ 10 km par 10 km. Les données seront prétraitées et organisées pour être directement utilisables, par des entreprises d'ingénierie travaillant dans l'énergie et l'éclairage, par des industriels développant des systèmes d'éclairage, d'occultation/ombrage ou de contrôle, par les urbanistes ainsi que l'ensemble des acteurs du secteur agricole.

Site web www.satel-light.com/core.htm

Map of the Week

Copyright Satel-Light

Les information figurant sur cette carte sont basées sur les images du satellite Meteosat. Elles sont obtenues toutes les 1/2h – Voir ce guide [advanced guide](#) pour plus d'information.



12. ANNEXE 3 (pour information)

Exemples de solutions d'éclairage naturel par les lanterneaux

Par exemple:

Europe central - Strasbourg :

FLJ = 2.8 %

$\tau_{D65} = 52\% \rightarrow \% \text{ SGL} = 12.4 \%$

$\tau_{D65} = 45\% \rightarrow \% \text{ SGL} = 14.3 \%$

$\tau_{D65} = 30\% \rightarrow \% \text{ SGL} = 21.5 \%$

FLJ = 4.6 %

$\tau_{D65} = 52\% \rightarrow \% \text{ SGL} = 20.3 \%$

$\tau_{D65} = 45\% \rightarrow \% \text{ SGL} = 23.5 \%$

$\tau_{D65} = 30\% \rightarrow \% \text{ SGL} = 35.3 \%$

Nord de l'Europe centrale Hamburg

FLJ = 3.1 %

$\tau_{D65} = 52\% \rightarrow \% \text{ SGL} = 13.7 \%$

$\tau_{D65} = 45\% \rightarrow \% \text{ SGL} = 15.8 \%$

$\tau_{D65} = 30\% \rightarrow \% \text{ SGL} = 23.8 \%$

FLJ = 5.2 %

$\tau_{D65} = 52\% \rightarrow \% \text{ SGL} = 23 \%$

$\tau_{D65} = 45\% \rightarrow \% \text{ SGL} = 26.6 \%$

$\tau_{D65} = 30\% \rightarrow \% \text{ SGL} = 39.9 \%$

Exemples de solutions de lumière du jour avec lanterneaux
avec une transmission lumineuse de τ_{D65} : 52%

Dimensions du bâtiment : 25 m x 40 m

Surface du bâtiment : 1000 m²

Hauteur du bâtiment : 8 m

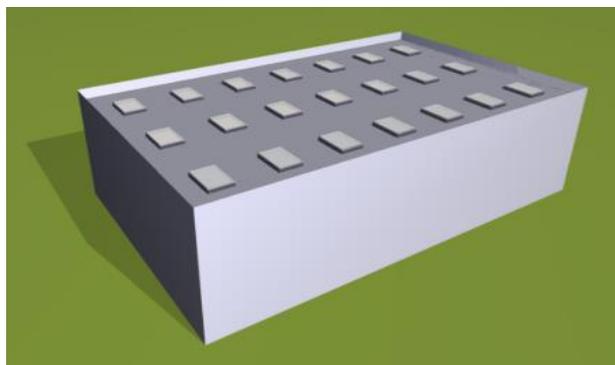
Facteur de réflexion : 7 / 5 / 2

Ville : Paris

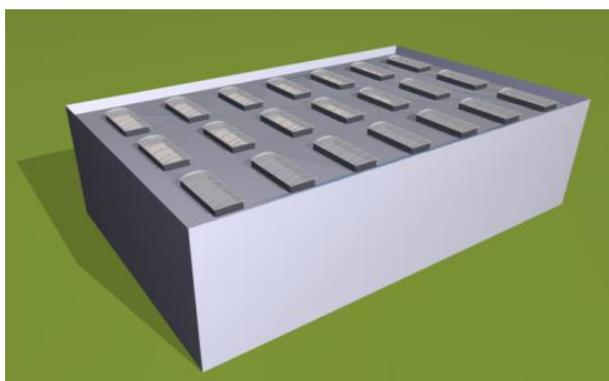
	Valeur minimale	Valeur recommandée
FLJ	2.8 %	4,60%
SGL	12,6 %	21 %

Remplissage avec transmission lumineuse τ_{D65} : 52%

FLJ	2,80%
Nombre minimal de lanterneaux afin d'obtenir une bonne uniformité pour h = 8 m : 15	
Méthode simplifiée	
21 lanterneaux 2m x 3m (surface constituent la zone de diffusion de lumière) avec τ_{D65} 52 %	
SGL = 12,6 % de la toiture	



FLJ	4,60%
Nombre minimal de lanterneaux afin d'obtenir une bonne uniformité pour h = 8 m : 15	
Méthode simplifiée	
21 lanterneaux 2 m x 5 m (surface constituent la zone de diffusion de lumière) avec τ_{D65} 52 %	
SGL = 21 % de la toiture	



Exemples de solutions de lumière du jour avec lanterneaux
avec une transmission lumineuse de τ_{D65} : 30%

Dimensions du bâtiment : 25 m x 40 m
 Surface du bâtiment : 1000 m²
 Hauteur du bâtiment : 8 m
 Facteur de réflexion : 7 / 5 / 2
 Ville : Paris

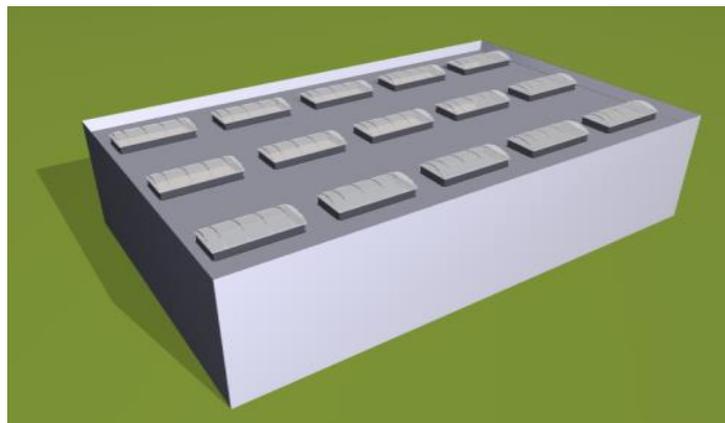
	Valeur minimale	Valeur recommandée
FLJ	2.8 %	4,60%
SGL	21.5 %	35.3 %

Lanterneau avec transmission τ_{D65} : 30%

FLJ 2,80 %

Nombre minimal de lanterneaux afin d'obtenir une bonne uniformité pour h = 8 m : 15
 15 lanterneaux 2.5 m x 5.6 m (surface constituant la zone de diffusion de lumière) avec τ_{D65} 30 %

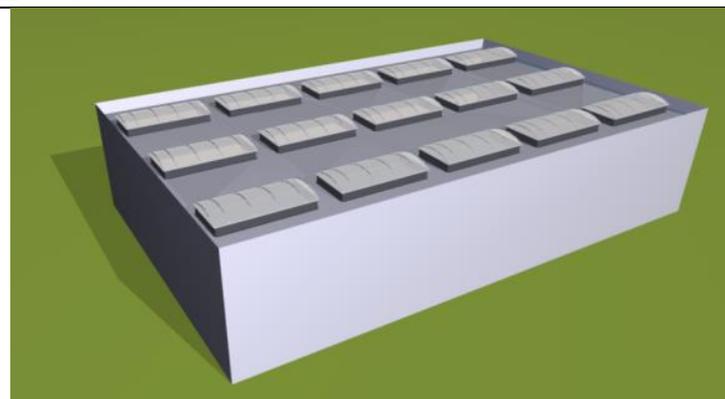
- SGL = 21 % de la toiture



FLJ 4.6 %

Nombre minimal de lanterneaux afin d'obtenir une bonne uniformité pour h = 8 m : 15

- 15 lanterneaux 3 m x 7.6 m (surface constituant la zone de diffusion de lumière) avec τ_{D65} 30 %
- SGL = 34.2 % de la toiture



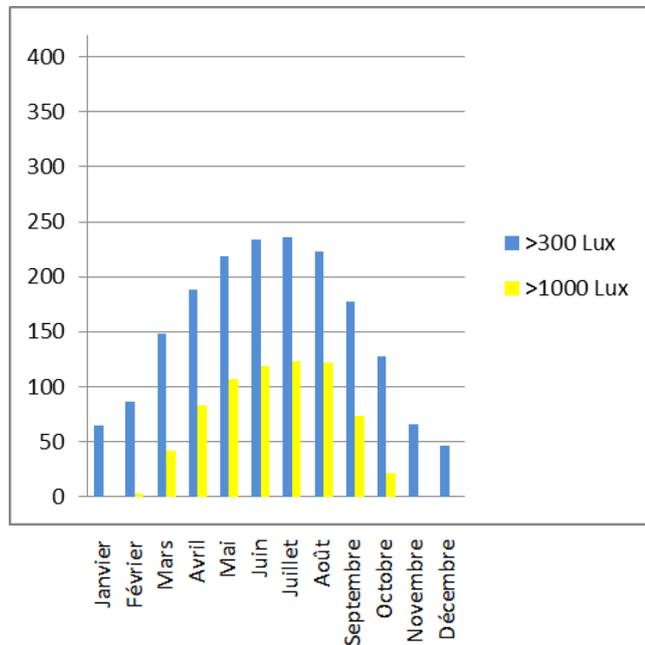
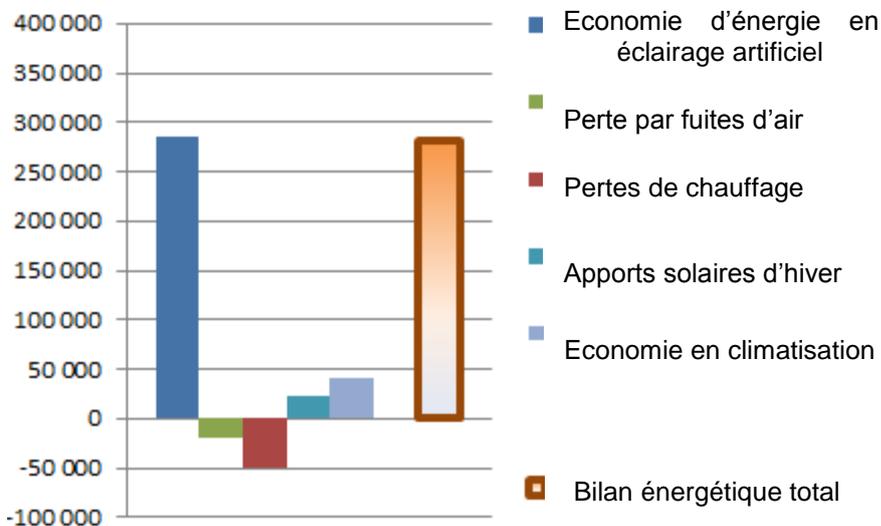
13. ANNEXE 4

Exemple de calcul d'économie d'énergie réalisée grâce des lanterneaux pendant une année avec différentes valeurs de U_{rc} et τ_{D65} :

Exemple de calcul de l'énergie avec des lanterneaux pendant une année selon l'ADEME

Surface du bâtiment : 5000 m²
 Hauteur: 8 m
 Ville: Paris
 Niveau d'éclairage artificiel maintenu 1 000 lux
 Facteur lumière du jour: 2.5 % -
 SGL 11 %
 Lanterneau avec transmission lumineuse τ_{D65} : 52% avec U_{rc} 2 W/(m² °K)

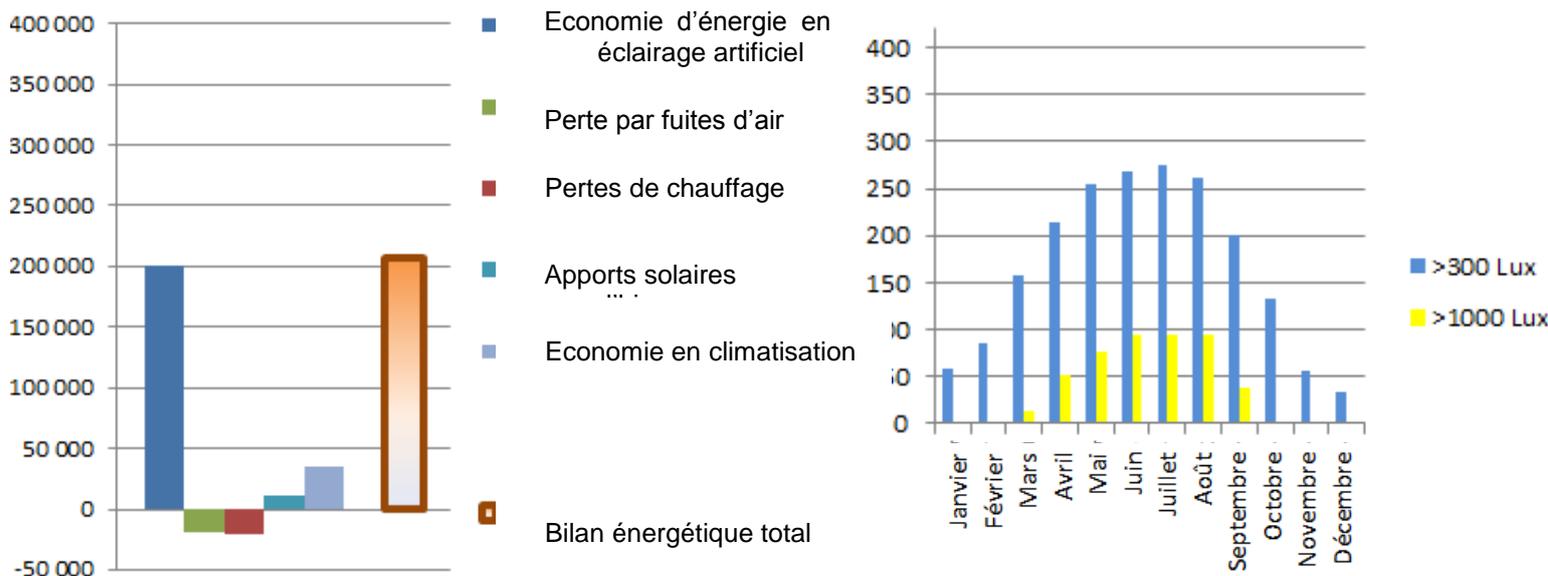
Economie d'énergie en éclairage artificiel : + 286 000 kWh / an
 Perte de chaleur en hiver : - 50 000 kWh / an
 Apports solaires d'hiver: + 22 000 kWh / an
 Économies d'énergie sur la climatisation : + 41 000 kWh / an
 Économies d'énergie totales: + 280 000 kWh / an



Exemple de calcul de l'énergie avec des lanterneaux pendant une année :

Surface du bâtiment : 5000 m²
 Hauteur du bâtiment: 8 m
 Ville: Paris
 Niveau d'éclairage artificiel maintenu 1 000 lux
 Facteur lumière du jour: 1.5 % -
 SGL 11 %
 Lanterneau avec transmission lumineuse τ_{D65} : 31% avec Urc 1 W/(m² °K)

Economie d'énergie en éclairage artificiel : + 200 000 kWh / an
 Perte de chaleur en hiver : - 21 000 kWh / an
 Apports solaires d'hiver: + 11 000 kWh / an
 Économies d'énergie sur la climatisation: + 34 000 kWh / an
 Économies d'énergie totales: + 200 000 kWh / an



Exemple de calcul de l'énergie avec des lanternes pendant une année :

Surface du bâtiment : 5000 m²
 Hauteur du bâtiment : 8 m
 Ville : Paris
 Niveau d'éclairage artificiel maintenu : 1 000 lux
 Facteur lumière du jour : 2.5 % -
 SGL : 18 %
 Lanterne avec transmission lumineuse τ_{D65} : 31% avec Urc 1 W/(m² °K)

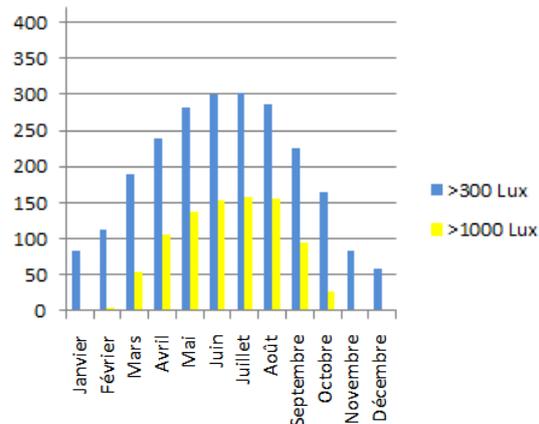
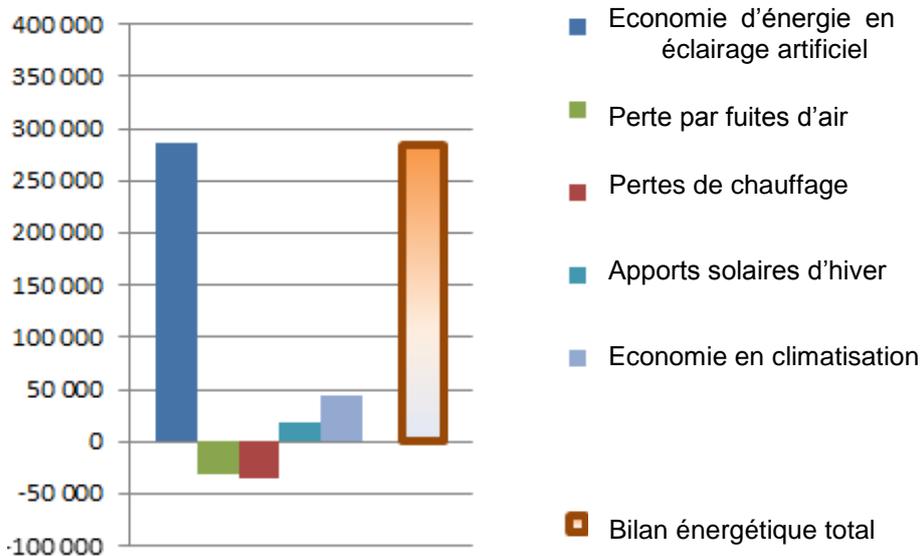
Economie d'énergie en éclairage artificiel : + 290 000 kWh / an

Perte de chaleur en hiver : - 34 000 kWh / an

Gain de chaleur en hiver: + 19 000 kWh / an

Économies d'énergie de l'air conditionné: + 44 000 kWh / an

Économies d'énergie totales: + 280 000 kWh / an



14. ANNEXE 5

Aperçu de villes supplémentaires selon le choix des membres d'EUROLUX

Tableau 3

Eclairage global						
Villes supplémentaires d'autres pays membres d'EUROLUX avec valeurs d'éclairage associées suivant la même procédure						
	Ville	Pays	Latitude	Niveau d'éclairage global durant 50% du temps pendant un an (occupation 6h à 22h)	FLJ [%]	
					Eclairage minimum de 300 lux 50 % du temps	Eclairage recommandé > 500 lux 50 % du temps
				Lux	FLJ [%]	FLJ [%]
>60°-70° Extrême nord de l'Europe	Reykjavik	IS	64,1	7 500	4,0%	6,7%
>55°-60° Nord de l'Europe	Stockholm	SE	59,3	8 938	3,4%	5,6%
	???	???	???	???	???	???
>50°-55° Nord de l'Europe centrale	Hamburg	DE	53,2	9 648	3,1%	5,2%
	???	???	???	???	???	???
	???	???	???	???	???	???
>45°-50° Europe centrale	Strasbourg	FR	48,6	10 797	2,8%	4,6%
	???	???	???	???	???	???
	???	???	???	???	???	???
	???	???	???	???	???	???
	???	???	???	???	???	???
>40°-45° Sud de l'Europe centrale	Toulouse	FR	43,6	15 287	2,0%	3,3%
	???	???	???	???	???	???
	???	???	???	???	???	???
35°-40° Sud de l'Europe	Madrid	ES	40,4	21 640	1,4%	2,3%
	???	???	???	???	???	???

Tableau 5

Eclairage diffus						
Villes supplémentaires d'autres pays membres d'EUROLUX avec valeurs d'éclairage associées suivant la même procédure						
	Ville	Pays	Latitude	Niveau d'éclairage global durant 50% du temps pendant un an (occupation 6h à 22h)	FLJ [%]	
					Eclairage minimum de 300 lux 50 % du temps	Eclairage recommandé > 500 lux 50 % du temps
				Lux	FLJ [%]	FLJ [%]
>60°-70° Extrême nord de l'Europe	Reykjavik	IS	64,1	6 000	5,0%	8,3%
>55°-60° Nord de l'Europe	Stockholm	SE	59,3	7 203	4,2%	6,9%
	???	???	???	???	???	???
>50°-55° Nord de l'Europe centrale	Hambourg	DE	53,2	8 292	3,6%	6,0%
	???	???	???	???	???	???
	???	???	???	???	???	???
	???	???	???	???	???	???
>45°-50° Europe centrale	Strasbourg	FR	48,6	9 196	3,3%	5,4%
	???	???	???	???	???	???
	???	???	???	???	???	???
	???	???	???	???	???	???
	???	???	???	???	???	???
>40°-45° Sud de l'Europe centrale	Toulouse	FR	43,6	10 643	2,8%	4,7%
	???	???	???	???	???	???
	???	???	???	???	???	???
	???	???	???	???	???	???
35°-40° Sud de l'Europe	Madrid	ES	40,4	11 150	2,7%	4,5%
	???	???	???	???	???	???

“???” : Villes et valeurs associées doivent être ultérieurement ajoutées par les membres d'EUROLUX