

RÉNOVER L'ÉCLAIRAGE

DES PLATEFORMES LOGISTIQUES ET ENTREPÔTS

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie



Ce document est édité par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Coordination technique : ADEME (Bruno Lafitte,
Ingénieur, éclairage & auto-rénovation), Syndicat de
l'éclairage (Dominique Ouvrard, délégué général adjoint)

Rédacteur : Isabelle Arnaud

Crédits photo : de gauche à droite et de haut en bas :
GRTgaz - Rexel - Thorn - Osram Lighting - Philips Lighting
- Trilux - Feilo Sylvania

Création graphique : artcom-agence.com

Impression : Imprimé en France
Imprimerie Zimmermann, certification PEFC, Iso 14001,
Imprim'vert, Print Environnement.

Brochure réf. 8749

ISBN : 979-1-02970-429-1 - Janvier 2017 -
10 000 exemplaires

Dépôt légal : ©ADEME Éditions, janvier 2017

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite
sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants
cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (Art L 122-4)
et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal.

Seules sont autorisées (Art L 122-5) les copies ou reproductions
strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées
à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations
justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information
de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois,
du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même
Code, relatives à la reproduction par reprographie.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
1. Enjeux et besoins	5
2. Les sources de lumière	6
3. La gestion de l'éclairage	12
4. L'éclairage de sécurité	14
5. Principaux textes de référence	16
6. Le projet d'éclairage	18
7. Écoconception et traitements des DEEE	20
8. Exemples	22
A. Rénovation LED d'un hall logistique	22
B. Développement durable chez Havi Logistics	24
C. Plateforme logistique GRTgaz	26
D. Plateforme logistique Argan, Roissy-en-Brie	27
9. Outil de calcul du coût global	28
10. Les aides à l'investissement	30

INTRODUCTION

La France dispose de plus de 79 millions de m² d'entrepôts et 38 millions de m² de plateformes logistiques (EPL), dont 8 millions à température dirigée⁽¹⁾. Compte tenu des surfaces considérées et des consommations d'énergie, les exploitants recherchent les solutions les plus efficaces afin de diminuer l'empreinte écologique des bâtiments et d'optimiser leur coût global dans une démarche de développement durable.



© Philips Lighting

Les bâtiments logistiques ne cessent de croître en surface et prennent de plus en plus d'importance en raison du développement de la vente par correspondance. La quantité et la qualité des marchandises et services placent régulièrement les entreprises en face de nouveaux défis. Les distances se rallongent, les délais de livraison raccourcissent et les produits qui nécessitent d'être stockés au frais sont toujours plus nombreux.

L'éclairage fonctionnant souvent 24 h/24 et 7 j/7 a un coût opérationnel évident, et représente un poste important de consommation, voire le premier. Les responsables d'entrepôts et plateformes logistiques, qui s'attachent à améliorer leur compétitivité et leur performance, réalisent pour cela de réels audits énergétiques et études en coût global de leurs installations.

Les nouvelles technologies, associées à une gestion électronique adaptée, permettent aujourd'hui de réduire ces dépenses. Elles améliorent également la qualité de l'éclairage, et donc les conditions de travail, tout en limitant les coûts de maintenance.

Les lampes et les luminaires usagés sont des déchets qui doivent être éliminés conformément à la réglementation. Les remettre à un éco-organisme agréé pour recyclage permet ainsi de générer des économies de gestion des déchets.

Ce guide a pour objectif d'aider les maîtres d'ouvrage, responsables de centres logistiques et prescripteurs dans leur démarche d'éclairage durable. Plusieurs partenaires de la filière se sont associés à l'ADEME et au Syndicat de l'éclairage pour répondre à leurs besoins et réunir dans ce document l'essentiel des informations concernant la réglementation, la normalisation, mais aussi des conseils et exemples de solutions efficaces disponibles sur le marché.

¹ Chiffres de 2012. Commissariat général au développement durable. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.

1. ENJEUX ET BESOINS

Les exigences et les contraintes en éclairage sont très diverses et dépendent à la fois du type d'activité et de la configuration des lieux. Un entrepôt de messagerie ou de e-commerce, une plateforme logistique frigorifique ne présentent pas les mêmes besoins. L'éclairage artificiel dépend à la fois des hauteurs sous plafonds, qui varient de 6 m à 14 m, du temps d'occupation – certaines plateformes fonctionnent en 3/8, d'autres en journée seulement – et de l'importance des apports en lumière naturelle.

Dans tous les cas, il est essentiel de distinguer les différentes zones à éclairer : les circulations, les racks de stockage et les mezzanines, les zones de contrôle/picking/groupage, et les quais de chargement, l'extérieur, etc. Quoi qu'il en soit, la première préoccupation des exploitants vise les économies d'énergie : les plateformes logistiques étant peu chauffées, l'éclairage devient le premier poste de consommation et il n'est pas toujours facile de faire le bon choix, qu'il s'agisse de rénovation ou de neuf.

Les solutions ne sont pas universelles et il est indispensable de réaliser une analyse des besoins et une étude globale de l'installation afin de trouver les solutions les mieux adaptées possible pour améliorer le confort visuel, la sécurité, et donc les conditions de travail. L'éclairage est un investissement qui engage pour plusieurs années, c'est une affaire de spécialistes ; il ne suffit pas d'acheter du matériel et de le poser n'importe où. La quantité de lumière et la qualité de l'éclairage des circulations et des racks, avec le trafic de chariots élévateurs, demandent une certaine uniformité ; l'éclairage de mezzanines pour les petites pièces ou celui des postes de contrôle et finition exige un niveau d'éclairement plus élevé ; celui



© Feilo Sylvania

des quais ou des extérieurs fait appel à d'autres exigences. Une fois cette étude réalisée, il reste à déterminer le matériel et les technologies à mettre en œuvre afin de répondre au mieux à tous les besoins, tout en tenant compte des contraintes budgétaires et des impératifs de retour sur investissement, dans une démarche de coût global. Car il s'agit également d'anticiper financièrement les opérations de maintenance et de gestion des déchets en lissant les coûts sur la durée de vie de la nouvelle installation.

Dans l'objectif de répondre au mieux aux enjeux énergétiques, une action conjointe de Certivéa¹ et Afilog a ouvert, en 2009, la certification NF Bâtiments Tertiaires - Démarche HQE® aux plateformes logistiques, puis aux quais de messagerie et en juin 2010 aux entrepôts frigorifiques. La démarche HQE® vise à intégrer les principes de la construction durable pour un projet et consiste à « *maîtriser les impacts du bâtiment sur l'environnement extérieur et créer un environnement sain et confortable* ».

¹ Certivéa : filiale du CSTB, organisme certificateur des performances des bâtiments non résidentiels et des territoires. www.certivea.fr.



2. LES SOURCES DE LUMIÈRE

A. Éclairage artificiel

Pour bien choisir les sources de lumière (lampes, modules et luminaires) en fonction des espaces et des besoins, il faut en connaître les caractéristiques. L'éclairage est souvent permanent, il est donc essentiel de choisir des efficacités lumineuses élevées et de longues durées de vie, même si ce ne sont pas les seuls critères.

- > **Flux lumineux**, en lumens (lm) : quantité de lumière visible totale émise par la source.
- > **Puissance**, en watts (W).
- > **Efficacité lumineuse**, en lumens par watt (lm/W) : quotient du flux lumineux émis par la puissance consommée par l'ensemble lampe + auxiliaire, ou par le luminaire à LED.
- > **Durée de vie des sources, en heures (h)** : durée au terme de laquelle un pourcentage du nombre total de lampes continue de fonctionner ou au terme de laquelle il ne

restera plus qu'un certain pourcentage du flux lumineux initial. Par exemple, 40 000 h (L90/B20) signifie qu'à 40 000 heures de fonctionnement, les sources fournissent encore 90 % du flux lumineux initial sauf 20 % d'entre elles, et donc une opération de maintenance s'impose. Cette définition s'applique aux luminaires LED à modules non remplaçables. Il faut veiller à tenir compte également de la durée de vie des auxiliaires d'alimentation (ballasts, drivers, etc.).

- > **Température de couleur**, en kelvins (K) : qualifie l'ambiance lumineuse de l'espace éclairé. Elle varie des teintes chaudes, à dominante orangée (2 500 K) aux teintes froides, d'un aspect bleuté (5 300 K et plus).
- > **Indice de rendu des couleurs** (IRC ou indice Ra) : capacité d'une lampe à restituer fidèlement les couleurs telles qu'elles apparaissent sous la lumière naturelle. Sa valeur maximale est 100.

Pour aider au choix, ces critères font maintenant l'objet d'obligation d'informations du fabricant.



1. Les sources de lumière

a. Les lampes à LED et modules LED

Les LED présentent des performances certaines : longue durée de vie, forte efficacité lumineuse, qualité de lumière, gradation et rallumage instantanés qui permettent tout type de gestion.

Il existe des lampes à LED de substitution aux lampes SHP ou iodures métalliques, qui permettent de conserver les luminaires. Attention cependant, le flux lumineux n'égale pas toujours celui des lampes remplacées, la photométrie du luminaire peut être altérée, et les gains espérés sont souvent bien inférieurs à ceux d'une réelle modernisation de l'installation.

Les tubes LED constituent également une solution transitoire pour remplacer des tubes fluorescents alimentés avec ballasts ferromagnétiques. Mais il est souvent plus rationnel de changer une installation d'éclairage vétuste, et la mise en place de lampes ou tubes LED exige de veiller à la sécurité électrique de l'opération, au maintien des performances lumineuses, aux possibilités de gestion automatique et à la pertinence économique à terme de l'opération.

Quant aux modules LED, il s'agit d'une ou plusieurs LED montées sur une carte de circuit imprimé, ils sont directement intégrés aux luminaires LED par les fabricants. Ces modules peuvent être remplacés pour certains luminaires.

b. Les lampes aux iodures métalliques

Ce sont des lampes à décharge qui allient lumière blanche, efficacité lumineuse élevée et un bon IRC. Elles présentent toutefois un certain inconvénient, le temps de montée en pleine puissance à l'allumage qui les rend mal adaptées aux systèmes de gestion.

Elles offrent cependant une efficacité lumineuse jusqu'à 140 lm/W, durent en moyenne 15 000 heures (jusqu'à 30 000 heures) et présentent un indice de rendu des couleurs supérieur à 80. Elles se déclinent principalement en deux températures de couleur, 4 000 K et 6 500 K et sont surtout utilisées en fortes puissances (jusqu'à 400 W) dans les plateformes logistiques.

c. Les tubes fluorescents

Il s'agit principalement des tubes fluorescents rectilignes à double culot de 16 mm de diamètre appelés T5 qui peuvent atteindre une durée de vie de 24 000 heures ; ils sont toujours associés à un appareillage¹ électronique. Ils offrent une efficacité lumineuse supérieure à 110 lm/W pour les puissances les plus élevées, mais ces critères n'évolueront plus beaucoup.

Les lampes à vapeur de mercure haute pression sont bannies du marché européen depuis avril 2015. Quant aux lampes sodium haute pression, elles ont longtemps fait loi dans les entrepôts, en particulier pour leur efficacité lumineuse élevée, entre 100 lm/W et 150 lm/W, mais leur médiocre indice de rendu des couleurs (maximum 65) les a fait abandonner au profit des lampes aux iodures métalliques.

D'une façon générale, les systèmes à LED ont tendance à augmenter en efficacité et fiabilité beaucoup plus rapidement que les autres sources, et prennent une place de plus en plus importante dans ces applications.



© Zumtobel

¹ Le terme « appareillage » fait référence à tous les auxiliaires d'alimentation : ballasts, amorces, convertisseurs...



2. Les luminaires

Un luminaire est un appareil qui, grâce à ses optiques et son diffuseur, permet de répartir, filtrer, transformer et diriger le flux lumineux émis par une ou plusieurs sources. Il comprend tous les dispositifs nécessaires pour la fixation et la protection des sources et le raccordement au réseau.



Il présente des caractéristiques esthétiques, mécaniques (résistance aux chocs, noté IK), électriques et optiques (UGR, *unified glare ratio*, qui caractérise le taux d'éblouissement, < 25 selon la norme EN 12464), qui doivent être considérées lors du projet d'éclairage. En tenant compte de la difficulté d'accès pour les opérations d'entretien, des hauteurs sous plafonds, des longues durées d'activité ou d'un taux d'empoussièrement élevé, on doit aussi veiller à choisir un luminaire possédant l'indice de protection (noté IP) adapté. Par exemple, un luminaire IP65 est étanche à la pénétration des poussières et des projections d'eau.

La photométrie du luminaire est définie par sa répartition lumineuse (qui indique dans quelle direction et avec quelle intensité le luminaire éclaire) par son rendement (proportion de lumière produite par les lampes qui sort effectivement du luminaire) ainsi que par l'efficacité globale du luminaire exprimée en lumens par watt sortant du luminaire. La plupart des appareils LED affiche une efficacité supérieure à 130 lm/W.

La marque européenne ENEC garantit la conformité aux normes, et ENEC+ garantit certaines performances. Les luminaires pour lampes traditionnelles et les luminaires LED sont équipés d'un appareillage (ballast, convertisseur ou driver). Les appareillages électroniques permettent la gestion performante de l'éclairage (détection, gradation, scénarios lumineux). Les appareillages de type ferromagnétiques des lampes d'anciennes technologies sont peu à peu exclus du marché à cause de leur faible efficacité énergétique, mais ils constituent encore aujourd'hui la majorité des installations existantes.

Le moyen le plus efficace de diminuer les coûts de fonctionnement réside dans une solution lumineuse qui minimise à la fois la consommation d'énergie et les frais de maintenance. Les appareils LED offrent une durée de vie moyenne de 50 000 heures, soit un fonctionnement équivalent à 16 heures par jour, 5 jours par semaine, sur une durée de 12 ans. Certains sont conçus pour fonctionner à des températures extrêmes entre -30°C et 55°C (voire 70°C).

a. Encastrés et plafonniers

Carrés, rectangulaires ou ronds, intégrés aux modules de faux plafonds, ils conviennent bien à l'éclairage des surfaces importantes, où un éclairage uniforme est un paramètre essentiel.

Pour répondre aux exigences d'éclairage de grande hauteur d'entrepôts ou de halls de logistique dans l'industrie lourde ou alimentaire, les plafonniers et encastrés offrent en général des flux très élevés, en moyenne 30 000 lm avec des UGR inférieurs à 22 pour un meilleur contrôle de l'éblouissement.

b. Suspensions (high bay) et lignes continues

Ces luminaires remplacent avantageusement les armatures industrielles traditionnelles. Rappelons que l'éclairement au sol varie comme l'inverse du carré de la distance à la source i.e. pour une même source, l'éclairement est quatre fois plus important pour une hauteur de suspension de 6 m que de 12 m. Ils peuvent être installés jusqu'à 12 m/14 m de haut et offrent des distributions lumineuses très intensives.

Il existe des systèmes complets rail + modules LED dotés d'une répartition de la lumière à large faisceau avec une efficacité lumineuse supérieure à 130 lm/W.

D'une manière générale, une répartition en peu de points lumineux impose une source plus puissante et augmente les risques d'éblouissement. Il faudra dans ce cas porter plus particulièrement attention à l'UGR. Par ailleurs, dans ce type d'application, il est souvent préférable d'éclairer par zone en adaptant la lumière aux besoins, tout en conservant l'uniformité de l'éclairage à l'intérieur de chaque zone.



© Zumtobel

c. Luminaires pour chambres froides

Dans ces locaux, la résistance mécanique dans le temps est essentielle : la longévité, la durabilité et l'endurance des appareils doivent en tenir compte afin d'assurer l'étanchéité des luminaires tout au long de leur vie. La technologie LED est particulièrement à préconiser pour les locaux en froid négatif.

Certains fabricants proposent des luminaires dédiés aux entrepôts frigorifiques avec un IP et un IK très élevés qui garantissent un fonctionnement performant même à très basse température. On veillera particulièrement lors de l'installation de luminaires en suspension à ne pas endommager par les fixations l'étanchéité des toitures et des chambres froides. Tous ces luminaires, quelle que soit leur technologie, doivent être recyclés en fin de vie (cf. chapitre 7).



B. Apports de lumière naturelle

La lumière naturelle représente un levier efficace pour la transition de notre modèle énergétique puisqu'il permet de réduire les consommations de l'éclairage artificiel en utilisant une ressource présente et gratuite. La lumière naturelle présente en outre l'avantage de respecter le rythme circadien (cycle jour/nuit calé sur la variation de la lumière durant la journée). Malgré cela et même en cas de ressource abondante, la lumière naturelle est souvent négligée : faible proportion de surfaces laissant passer la lumière, encrassement de ces surfaces.

Dans un bâtiment, différents éléments constructifs peuvent être utilisés pour apporter une lumière naturelle dans la pièce ou local : en façade ou latéralement par des baies vitrées ; par la toiture via des lanterneaux continus ou ponctuels, des coupoles et des sheds.

L'Institut national de recherche et de sécurité préconise, dans sa brochure de mars 2015, *Conception des entrepôts et plates-formes logistiques*, que « la toiture comporte au moins

4 % de surface translucide constituée de lanterneaux et de trappes de désenfumage. Ceux-ci sont situés au-dessus des allées de circulation et sont munis de barreaux antichute. Pour la zone des quais, cet éclairage naturel peut être réalisé par des surfaces vitrées situées en partie haute et/ou par l'incorporation de segments au niveau des portes. »

Les solutions d'éclairage naturel doivent avoir une bonne transmission lumineuse tout en assurant une isolation thermique satisfaisante. L'augmentation des apports en lumière naturelle améliore le bilan énergétique obtenu par simulation thermique dynamique du local de 20 à 60 % selon les zones climatiques.

Les obligations réglementaires de désenfumage naturel imposent une surface utile d'évacuation de fumées en toiture correspondant à 3 % environ de Surface Géométrique Lumière (SGL). L'installation de lanterneaux de désenfumage permet d'assurer un premier apport de lumière naturelle qu'il convient de compléter. Les toitures sont renouvelées régulièrement tous les 10 ans. À cette occasion, il est recommandé de vérifier que les apports de lumière naturelle sont suffisants et de mettre en place à moindre coût une installation d'éclairage zénithal bien adaptée.



1. Les lanterneaux

Les lanterneaux constituent une solution largement utilisée pour amener l'éclairage naturel zénithal dans les entrepôts et plateformes logistiques.

Afin d'assurer une bonne performance énergétique du lanterneau, le taux de transmission lumineuse doit être d'au moins 45 % et le coefficient de transmission thermique Urc de 2,5 W/m².K maximum.

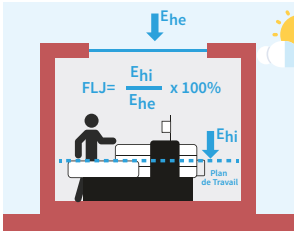


© Gif lumière

Les études internationales préconisent pour des raisons de santé, de productivité et énergétiques un niveau d'éclairage naturel minimum de 300 lux, 50 % du temps. Ces études ont été prises en compte dans les travaux préparatoires pour la norme européenne pr EN 17037 « L'éclairage naturel des bâtiments ». Pour les caractéristiques techniques des lanterneaux énoncées plus haut, les préconisations sont atteintes avec 10 % de surface de la toiture d'un bâtiment de 5 000 m² de plain-pied et de 8 m de hauteur, situé en zone climatique H1a (Paris). Ceci correspond à environ 84 lanterneaux de 2 m sur 3, qui offrent 504 m² de Surface Géométrique Lumière.

2. Facteur de lumière du jour

Il caractérise la capacité d'un bâtiment à laisser entrer la lumière naturelle. Le facteur de lumière du jour est le rapport de l'éclairement naturel reçu en un point à l'éclairement extérieur sur une surface horizontale.



Ville	Zone climatique	Minimum de FLJ pour obtenir 300 lux pendant 50 % du temps	Selon la zone climatique, nous pouvons déterminer, grâce aux données des fichiers météorologiques SATEL-LIGHT, l'objectif de facteur lumière du jour (FLJ) pour obtenir une autonomie d'éclairage naturel à l'intérieur du bâtiment d'au moins 300 lux pendant plus de 50 % du temps d'occupation (entre 6 h et 22 h pendant 250 jours de l'année).
Strasbourg	H1b	2,80 %	
Paris	H1a	2,50 %	
Nantes	H2b	2,20 %	
Marseille	H3	1,20 %	

Il est recommandé d'espacer régulièrement les lanterneaux afin d'assurer une bonne uniformité des apports de la lumière naturelle. Par exemple, pour un bâtiment de 1 000 m² de 8 m de hauteur, il faut un nombre minimum de 15 lanterneaux répartis régulièrement sur la toiture. Dans les cellules munies de racks de stockage, les lanterneaux seront positionnés au-dessus des allées.

3. LA GESTION DE L'ÉCLAIRAGE

La gestion de l'éclairage comprend au minimum la détection de présence qui garantit l'extinction des espaces inoccupés et la détection de lumière du jour qui permet de limiter le recours à l'éclairage artificiel. Les luminaires communiquent entre eux par connexion filaire (DALI *digital adressable lighting interface* / 1-10 V / KNX / XMX) ou par ondes, et éventuellement avec un système qui gère l'ensemble de l'éclairage d'un bâtiment. Contrairement au réseau filaire, certains dispositifs radio de gestion centralisée en réseau maillé permettent de modifier facilement les zones d'éclairage.



Dans les entrepôts, l'éclairage dynamique s'impose : la lumière n'est pas nécessaire tout le temps, partout et au niveau maximum. Selon les plages horaires et les zones, des stratégies d'allumage, d'adaptation des niveaux d'éclairement, de scénarios d'éclairage sont possibles, jusqu'à la création d'ambiances lumineuses qui favorisent la vigilance des travailleurs, en particulier la nuit, en recréant le rythme circadien (approche «*Human Centric Lighting*»). Une installation bien gérée permet d'optimiser à la fois le confort et les consommations.

A. Détection de présence

Le détecteur de présence comprend un capteur sensible à la présence ou au déplacement des personnes, couplé à des dispositifs qui transfèrent l'information aux luminaires. Intégrés ou non dans le luminaire, ces capteurs doivent être compatibles avec l'installation existante : les ballasts ferromagnétiques ne permettent pas la gestion individuelle des luminaires. Les lampes sodium, iodures et T8 sont contre-indiquées.

Certains luminaires communiquent entre eux. Chaque appareil est équipé de ses propres capteurs et contrôleurs, et interagit avec les luminaires voisins. De nombreux modèles sont dotés d'une temporisation qui laisse le luminaire allumé pendant une durée déterminée de non-détection, et éteint progressivement, afin d'éviter une extinction trop brutale. D'autres systèmes fonctionnent sur le même principe en limitant le nombre de capteurs ; dans le cas d'une allée, il peut y avoir un capteur en extrémité et au milieu si nécessaire.

B. Détection de lumière du jour

Ces capteurs de lumière (intégrés ou non aux luminaires, associés ou non aux détecteurs de mouvement) garantissent au personnel un niveau d'éclairement constant sur la zone de travail, et permettent de réaliser d'importantes économies, les consommations étant modulées en permanence en fonction des apports de lumière du jour.

C. Gestion centralisée

Pour centraliser l'information, deux méthodes sont possibles : en filaire, ce qui nécessite un câblage spécifique ; par ondes (radio, VLC – *Visual Light Communication* – Li-Fi – *Light Fidelity*).

Pour le filaire, plusieurs protocoles de communication existent, (DALI, KNX, par exemple, ou simplement analogique) peu coûteux du point de vue de l'installation électrique (plus d'interrupteurs ni de câblage vertical). Les luminaires sont regroupés en circuits et câblés sur une sortie d'un module de contrôle. Le nombre d'appareils par groupe est choisi en fonction du besoin de flexibilité.

Le protocole ouvert DALI développé avec des composants communs à l'ensemble des fabricants permet de contrôler individuellement de nombreux points lumineux ou groupes de luminaires, de mémoriser des ambiances d'éclairage et de connaître l'état de l'installation. Ce système permet un adressage individuel des ballasts ou drivers, donc des luminaires, le découpage des espaces en zones distinctes, la programmation simple et des modifications de celle-ci sans avoir à intervenir sur l'installation d'éclairage. Il est même possible de créer des fonctions telles que « couloirs » et « cages d'escalier ». Ainsi, quels que soient les composants de l'installation d'éclairage, détecteur de présence, capteur, ballast, driver, les appareils de marques différentes sont capables de communiquer entre eux via la ligne DALI ou DALI 2.

Pour le sans-fil, les protocoles sont encore plus nombreux (Wi-Fi, Zigbee, Li-Fi, Bluetooth, etc.). La configuration associée est aussi importante : réseau maillé ou point à point et la capacité à communiquer d'un îlot à l'autre. Le protocole Zigbee, par exemple, est facile à mettre en œuvre et flexible du point de vue de sa configuration.

Le Li-Fi et le VLC permettent de mettre en place une communication sans fil n'utilisant pas de sources d'onde supplémentaire, puisque l'information est émise par les LED.

Outre le contrôle, la commande et la gestion horaire et calendaire de l'installation d'éclairage, la gestion centralisée permet également de connaître l'état et les consommations de l'ensemble du bâtiment et d'enregistrer au préalable (dans la mémoire de l'unité de gestion) des scénarios lumineux, par exemple. Il devient aussi possible de paramétrer le pilotage de l'installation sur plusieurs étages pour qu'il s'intègre à une gestion globale du bâtiment incluant le chauffage, la climatisation, les volets roulants ou encore l'ouverture des lanterneaux pour assurer une fonction de ventilation naturelle, ou leur occultation pour éviter l'éblouissement direct.

Tous les équipements dédiés à la gestion de l'éclairage doivent être recyclés en fin de vie (cf. chapitre 7).



4. ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ

Les obligations des chefs d'établissement et des maîtres d'ouvrage concernant l'éclairage de sécurité des lieux de travail sont énoncées dans le Code du travail, en particulier à l'article R4227-14 (créé par le décret n° 2008-244 du 7 mars 2008, et modifié par le décret 2010-1018 du 30 août 2010). L'arrêté d'application du 14 décembre 2011 en fixe les règles de conception et de mise en œuvre ainsi que les conditions d'exploitation et de maintenance.



© Legrand / URA

L'éclairage de sécurité a deux fonctions essentielles :

- l'éclairage d'évacuation ;
- l'éclairage d'ambiance.

Lorsque l'éclairage normal est défaillant, il permet :

- l'évacuation sûre et facile des personnes vers l'extérieur ou vers des zones d'attente sécurisées pour les personnes à mobilité réduite ;
- la mise en œuvre des mesures de sécurité et l'intervention des secours.

L'éclairage de sécurité est assuré soit par des blocs autonomes d'éclairage de sécurité (BAES), soit par une source centralisée équipée d'une batterie d'accumulateurs alimentant des luminaires.

L'éclairage d'évacuation assure l'éclairage des cheminements, des sorties, des obstacles, des indications de balisage et de changement de direction ; les foyers lumineux doivent avoir un flux lumineux assigné d'au moins 45 lumens pendant la durée de fonctionnement assignée, d'une heure minimum. Dans les couloirs ou dégagements, les foyers lumineux ne doivent pas être espacés de plus de 15 m. Les panneaux de la signalisation de sécurité sont éclairés, s'ils sont transparents, par le luminaire qui les porte, s'ils sont opaques, par les luminaires situés à proximité.

> L'éclairage d'évacuation est obligatoire, sauf pour les établissements réunissant les conditions suivantes :

- le local débouche directement, de plain-pied, sur un dégagement commun équipé d'un éclairage d'évacuation ou à l'extérieur ;
- l'effectif du local est inférieur à 20 personnes ;
- toute personne se trouvant à l'intérieur dudit local doit avoir moins de trente mètres à parcourir.

L'éclairage d'ambiance réduit les risques de panique. Il doit être basé sur un flux lumineux minimal de 5 lumens par mètre carré de surface du local pendant la durée assignée de fonctionnement, d'une

heure minimum. Le rapport entre la distance maximale séparant deux foyers lumineux voisins doit être inférieur ou égal à quatre fois leur hauteur au-dessus du sol. Les produits de haut flux lumineux, notamment les blocs à phare(s), sont bien adaptés pour répondre à ces exigences, dans des locaux de grandes dimensions que constituent en général les entrepôts et plateformes logistiques.

L'éclairage d'ambiance doit être installé dans chaque local de travail où l'effectif atteint 100 personnes avec une occupation supérieure à une personne par 10 m², et doit comporter au minimum 2 luminaires. La détermination de l'effectif de chaque local est faite conformément à l'article R. 4227-3 du Code du travail.

Dans les établissements comportant des locaux tels que cantines, restaurants, salles de conférences, salles de réunions, l'éclairage de sécurité de ces locaux doit être réalisé conformément à la réglementation relative aux établissements recevant du public (ERP) lorsque celle-ci s'avère plus contraignante.

L'éclairage de sécurité est mis à l'état de veille pendant les périodes d'exploitation. Il est mis à l'état de repos ou d'arrêt lorsque l'installation d'éclairage normal est mise intentionnellement hors tension.

Dans le cadre de la maintenance prescrite à l'article R. 4226-7 du Code du travail, l'employeur procède aux vérifications de fonctionnement périodiques suivantes :

> une fois par mois :

- du passage à la position de fonctionnement en cas de défaillance de l'alimentation normale et de l'allumage de toutes les lampes (le fonctionnement doit être strictement limité au temps nécessaire au contrôle visuel) ;
- de l'efficacité de la commande de mise en position de repos à distance et de la remise automatique en position de veille au retour de l'alimentation normale.

> une fois tous les six mois, de l'autonomie d'au moins une heure.

Le résultat des opérations précédentes doit être mentionné sur le registre prévu à l'article R.4226-19 du Code du travail.

Lorsque l'éclairage de sécurité est constitué de blocs autonomes, les opérations précédentes peuvent être effectuées automatiquement par l'utilisation de blocs autonomes comportant un système automatique de test intégré (SATI) conforme à la norme NF C 71-820 et/ou à la norme NF EN 62034.

Dans les établissements comportant des périodes de fermeture, ces opérations doivent être effectuées de telle manière qu'au début de chaque période d'ouverture l'installation d'éclairage ait retrouvé l'autonomie prescrite. Une notice descriptive des conditions de maintenance et de fonctionnement doit être annexée au registre précédent. Elle devra comporter les caractéristiques des pièces de rechange.

Les marques de qualité NF AEAS (Appareils Électriques Autonomes de Sécurité) et NF AEAS PERFORMANCE SATI (Système Automatique de Test Intégré), attribuées par un organisme indépendant, donnent l'assurance d'utiliser des produits sûrs et fiables et attestent leur conformité aux exigences des normes et de la réglementation françaises.

Les offres d'éclairage de sécurité éco-labellisées NF Environnement garantissent, quant à elles, le meilleur choix de solutions en termes de performances énergétique et environnementale, générant sources d'économie d'énergie et de maintenance.



5. PRINCIPAUX TEXTES DE RÉFÉRENCE

A. Les textes réglementaires

1. La réglementation thermique 2012

Applicable au bâtiment industriel (neuf) depuis l'arrêté du 28 décembre 2012, la RT2012 porte sur les consommations annuelles globales d'énergie des cinq usages réglementés. Cette exigence globale s'exprime en kWh d'énergie primaire, et est modulable selon le type de bâtiment, sa localisation, son altitude, les émissions de GES.

2. L'arrêté du 3 mai 2007

Pour les travaux de rénovation supérieurs à 100 m², l'arrêté offre deux solutions :

- soit la puissance installée est $< 2,8 \text{ W/m}^2$ par tranche de niveaux d'éclairage moyen à maintenir de 100 lux sur la zone de travail ;
- soit la nouvelle installation est composée de luminaires de type direct ou direct/indirect de rendement $> 55 \%$, équipés de ballasts électroniques et de lampes d'une efficacité lumineuse $\geq 65 \text{ lm/W}$.



Un arrêté modificatif est prévu pour 2017, avec une exigence de 1,6 W/m² pour 100 lux et le recours quasi systématique à la prise en compte de la présence des personnes et de la lumière naturelle.

3. Le Code du travail

Les obligations des chefs d'établissement sont énoncées aux articles R.4213-1 à R.4213-4 et R.4223-1 à R.4223-11. Un document doit fixer les modalités des opérations de maintenance afin d'assurer le bon état de l'installation et d'éviter d'atteindre les exigences minimales d'éclairage, d'uniformité, et d'équilibre des luminances. À noter que les valeurs d'éclairage exigées sont des valeurs minimales en tous points du local : 40 lux dans les circulations, 60 lux dans les escaliers et entrepôts, 120 lux dans les locaux de travail.

4. La réglementation relative à l'accessibilité des personnes handicapées

Le site officiel www.accessibilite-batiment.fr précise que « les locaux destinés à n'accueillir que du personnel de l'établissement seront considérés comme des lieux de travail et relèveront à ce titre des dispositions du Code du travail sur l'accessibilité des lieux de travail aux personnes handicapées ». Aucun texte n'est paru à ce jour. Pour information, les textes parus relatifs aux établissements recevant du public prévoient que l'éclairage artificiel « doit permettre d'assurer des valeurs moyennes d'éclairage mesurées au sol de :

- 20 lux du cheminement extérieur accessible ;
- 20 lux pour les parcs de stationnement intérieurs et leurs circulations piétonnes accessibles ;
- 100 lux dans les circulations intérieures horizontales ;
- 150 lux pour chaque escalier et équipement mobile ».

B. Les normes

1. Norme NF EN 12464-1 - Éclairage intérieur des lieux de travail

La norme indique des niveaux d'éclairements moyens « à maintenir » ($\bar{E}_m$), c'est-à-dire qui doivent pouvoir être atteints quel que soit l'âge de l'installation, ce qui nécessite de prendre en compte notamment la perte de flux des sources dans le temps. L'éblouissement d'inconfort (produit par des surfaces brillantes dans le champ visuel) peut provenir directement ou par réflexion des luminaires ou des fenêtres. Il est déterminé par le taux d'éblouissement unifié, UGR. On y trouve également les valeurs recommandées pour l'uniformité (U_o) et l'indice de rendu des couleurs (R_a).

Espaces communs à l'intérieur des bâtiments – Magasins, entrepôts réfrigérés

Type de zone, de tâche ou d'activité	$\bar{E}_m$ lx	UGR	U_o	R_a	Exigences spécifiques
Magasins et entrepôts	100	25	0,40	60	200 lx en cas d'occupation permanente.
Zones de manutention, d'emballage et d'expédition	300	25	0,60	60	

Espaces communs à l'intérieur des bâtiments – Zones de rangement en rayonnage

Type de zone, de tâche ou d'activité	$\bar{E}_m$ lx	UGR	U_o	R_a	Exigences spécifiques
Allées centrales : non occupées	20	-	0,40	40	Éclairage au niveau du sol.
Allées centrales : occupées	150	22	0,40	60	Éclairage au niveau du sol.
Station de commande ou de contrôle	150	22	0,60	80	
Façade du rayonnage	200	-	0,40	60	Éclairage vertical, un éclairage portatif peut être utilisé.

La norme française NF X35-103 – Ergonomie – Principes d'ergonomie visuelle applicables à l'éclairage des lieux de travail – permet de garantir un bon confort visuel et s'adresse plus particulièrement aux services de prévention et de santé au travail.

2. Norme NF EN 15193 - Performance énergétique des bâtiments

Cette norme spécifie la méthodologie de calcul permettant d'évaluer la quantité d'énergie utilisée pour l'éclairage intérieur d'un bâtiment (existant et pour la conception de bâtiments neufs ou rénovés). Elle fournit également une méthodologie pour le calcul de la consommation instantanée d'énergie d'éclairage permettant d'estimer la performance énergétique globale du bâtiment.

3. Norme NF C 15-100 - Installations électriques à basse tension¹ et ses guides

Cette norme, d'application obligatoire, définit la mise en œuvre des équipements électriques, et donc en particulier des luminaires dans les installations fixes ainsi que leur alimentation électrique. La norme NF C 15-100 précise, selon le mode de pose, la nature et la section des câbles d'alimentation des installations fixes. En addition aux règles de sécurité de la NF C 15-100, il convient d'appliquer les instructions du fabricant du luminaire.

¹ La norme NF C 15-100 est consultable gratuitement et en vente sur le site de l'Afnor : www.boutique.afnor.org

6. LE PROJET D'ÉCLAIRAGE

Le projet retient un certain nombre de paramètres qui représentent les principes de base de l'éclairagisme. Il faut choisir notamment les ambiances lumineuses, les niveaux et direction d'éclairage (direct/indirect, avec variation, programmation), les lampes, les luminaires, les systèmes de contrôle en fonction des résultats recherchés, et prendre en compte les coûts d'investissement et, souvent négligés, les coûts d'exploitation et de maintenance. Un bon confort visuel peut prévenir des accidents du travail et aussi de l'absentéisme et permettre une meilleure productivité. En plus de bonnes conditions de travail dans son entreprise, l'exploitant optimise l'efficacité énergétique et les coûts associés à l'éclairage, à condition de procéder à l'analyse des besoins et de faire réaliser le projet d'éclairage par des spécialistes. Mais attention à qui fait quoi.

Étape 1 : le diagnostic

Le maître d'ouvrage / responsable de l'établissement donne les indications sur : le lieu, les caractéristiques géométriques, les hauteurs et l'encombrement des racks, l'activité exercée, et décrit l'installation existante (lampes, luminaires et ballasts installés, modes de commande de l'éclairage, prises de jour, couleurs et revêtements des murs, plafonds et sols), les conditions dans lesquelles elle fonctionne (empoussièrement, froid positif ou négatif...), et l'organisation en matière de maintenance (internalisée, externalisée, contraintes, matériel nécessaire...). L'installateur, ou le bureau d'études (indépendant ou celui du fabricant ou du grossiste), établit sur cette base un diagnostic en définissant les besoins du maître d'ouvrage. Il existe un cahier des charges ADEME à disposition auprès des directions régionales.

Étape 2 : l'élaboration du projet

Partant des exigences et des besoins du maître d'ouvrage ainsi que des caractéristiques de l'installation, et tenant compte des réglementations et des normes en vigueur, le projeteur (installateur, bureau d'études, concepteur lumière) élabore la ou les solutions d'éclairage possibles.

Étape 3 : la dépose de l'ancien matériel et l'installation de la solution retenue

L'installateur se charge gratuitement des déchets de l'ancienne installation. Il doit remettre au maître d'ouvrage un justificatif de recyclage. Le maître d'ouvrage doit mentionner, dans son appel d'offres, ses exigences en matière de gestion des déchets s'assurant ainsi de la capacité de l'installateur à répondre à ces obligations (cf. chapitre 7).

La description de la nouvelle installation ainsi que les dispositions à prendre pour la maintenance des matériels et des performances sont consignées dans le livret de maintenance prévu au Code du travail, remis par l'installateur au maître d'ouvrage.



Étape 1

L'installateur ou le bureau d'études, avec l'aide du maître d'ouvrage, établit un diagnostic

Étape 2

Le projeteur élabore la solution d'éclairage en tenant compte des réglementations et des normes

Étape 3

L'installateur dépose l'ancien matériel et met en œuvre le nouvel équipement



Solution d'éclairage présentée

Identification des besoins

- Efficacité énergétique
- Esthétique, ambiance
- Niveaux d'éclairement, équilibre des luminances, ergonomie visuelle
- Prise en compte de la lumière du jour et/ou de la présence
- Automatismes, scénarios, systèmes de gestion

Exigences techniques minimales

- Références des luminaires, commandes et systèmes de gestion choisis
- Calculs des éclairements
- Schéma d'installation des luminaires
- Schéma de l'installation électrique
- Calculs des consommations

Conditions d'installation et d'exploitation

- Mise en œuvre soignée (assistance éventuelle du fournisseur)
- Aide pour la prise en main par les utilisateurs
- Maintenance effectuée selon les instructions fournies
- Organisation de la gestion des matériels à remplacer

7. ÉCO-CONCEPTION ET TRAITEMENTS DES DEEE

Récylum⁽¹⁾ est agréé pour l'enlèvement et le traitement des lampes usagées, des luminaires professionnels et de leurs systèmes de gestion (DEEE Pro).

A. Lampes et luminaires concernés

Il s'agit de toutes les lampes à décharge et sources à LED qui portent le symbole « poubelle barrée » et principalement : les tubes fluorescents, les fluocompactes, les lampes à vapeur de mercure, les lampes sodium basse ou haute pression, les lampes aux iodures métalliques, etc., les lampes à LED et modules LED. Il s'agit également des luminaires intérieurs, extérieurs ou de sécurité, incluant leurs organes de commande et leurs alimentations, destinés aux usages professionnels.

B. La collecte des lampes et luminaires

Le maître d'ouvrage doit s'assurer dès le stade du référencement ou des appels d'offre que les candidats à la fourniture d'équipements électriques ou à leur maintenance, ou de travaux de réhabilitation/rénovation énergétique seront à même de répondre aux obligations de prise en charge des DEEE issus de leurs prestations.

Le maître d'ouvrage doit ainsi exiger de son prestataire de :

- déposer tous les DEEE Pro objet du marché, fixés au sol ou aux bâtiments ;
- faire traiter les DEEE Pro conformément aux dispositions de l'article R.543-200 du Code de l'environnement, ou à les remettre à un éco-organisme agréé conformément aux dispositions des articles R.543-188 ou R.543-196 du Code de l'environnement.
- fournir le cas échéant un justificatif du partenariat de collecte qui le lie avec un ou des éco-organismes.

À la fin du marché et à chaque date anniversaire de ce dernier si sa durée est supérieure à un an, transmettre au maître d'ouvrage une attestation sur l'honneur précisant pour l'année écoulée les quantités de DEEE Pro évacués dans le cadre du marché et leur destination finale.

Le recyclage des lampes et des luminaires professionnels usagés est organisé par Récylum, éco-organisme à but non lucratif, qui est financé grâce à l'éco-contribution payée lors de l'achat des équipements neufs. Enlèvements récurrents sur site, déstockage ponctuel sur les chantiers ou reprise sur point d'apport volontaire, différents dispositifs sont proposés.

C. DEEE Pro, autres catégories

Avec l'agrément accordé par les pouvoirs publics (août 2012 & janvier 2016) pour la collecte et le traitement des DEEE Pro des catégories 6, 8 et 9, Récylum renforce son action dans l'univers professionnel pour développer la collecte des déchets concernés (équipements de régulation et de contrôle, instruments de mesure, matériel de nettoyage industriel, petites machines de production/conditionnement, outillages de chantier, dispositifs médicaux...).

¹ Éco-organisme, créé en 2006, agréé à but non lucratif en charge de la collecte et du recyclage des DEEE Pro.

D. Les textes de référence

1. Loi 75-633 du 15 juillet 1975

« Toute personne qui produit ou détient des déchets... est tenue d'en assurer ou d'en faire assurer l'élimination », dans des filières respectueuses de l'environnement. Le producteur du déchet est légalement responsable de sa complète élimination sauf à le remettre à un éco-organisme agréé par les pouvoirs publics dans le cadre des filières REP (responsabilité élargie du producteur).

2. Décret n° 2002-540 du 18 avril 2002

Il est relatif à la classification des déchets : il identifie les lampes sans filament, contenant du mercure, comme déchets dangereux.



3. Décret n° 2005-829 du 20 juillet 2005



Il est relatif à la composition des équipements électriques et électroniques et à l'élimination des déchets issus de ces équipements. Il impose aux producteurs d'organiser et de financer la collecte et l'élimination des équipements qu'ils mettent sur le marché. Sont concernés les lampes à décharge, dont les tubes fluorescents, et à LED ainsi que les luminaires à usage professionnel (DEEE PRO).

4. Décret n° 2011-610 du 31 mai 2011

Il est relatif au diagnostic portant sur la gestion des déchets issus de la démolition totale ou partielle de certains bâtiments. Préalablement à la demande de permis de démolir de tout bâtiment de plus de 1 000 m², le maître d'ouvrage fait procéder, par un expert indépendant, à un inventaire des déchets que générera le chantier. Au terme de celui-ci, le maître d'ouvrage communique aux pouvoirs publics la destination de tous les déchets ayant fait l'objet de l'inventaire préalable.

5. Décret n° 2012-617 du 2 mai 2012

Il est relatif à la gestion des déchets de piles et accumulateurs et d'équipements électriques et électroniques. L'ensemble de ces décrets a été codifié dans le chapitre 1^{er} – Prévention et gestion des déchets – du titre 4 du livre V du Code de l'environnement.

8. EXEMPLES

A. Rénovation LED d'un hall logistique : 64 % d'économies

MATÉRIEL ÉCLAIRAGE : TRILUX

Un marché de plus en plus concurrentiel tel que celui de la logistique exige une amélioration permanente des potentiels d'économie et une optimisation continue des flux de travail. Une raison pour l'entreprise Gebr. Taskin Logistics GmbH pour entreprendre la rénovation de quatre halls logistiques nouvellement acquis à Sprockhövel, près de Wuppertal, avant de s'y installer.



Avant



Après

Après une consultation effectuée par l'entreprise AVU Serviceplus GmbH, spécialisée en efficacité énergétique et en énergies renouvelables, il apparut rapidement évident que la rénovation de l'installation d'éclairage permettrait à Taskin de réaliser des économies substantielles d'énergie et d'argent.

De plus, le logisticien attendait de meilleures conditions de travail pour son personnel, résultant de halls éclairés en fonction des besoins.

Dans les dépôts de stockage, des passages et des rayonnages mal éclairés peuvent représenter des sources d'erreurs et d'accidents. Les conditions d'éclairage sont souvent insuffisantes pour pouvoir lire sans problème des bordereaux de livraison ou des listes de commande. Un éclairage axé sur les besoins représente ici un avantage concurrentiel.

Les quatre dépôts de stockage ainsi que leur zone de livraison et les bureaux intégrés ont été convertis à la technologie LED :

- l'ancienne installation vétuste a été remplacée par un éclairage moderne et clair ;
- la technologie LED permet d'améliorer sensiblement les conditions de travail. La lecture en est simplifiée et la sécurité augmentée ;
- les consommations ont été réduites de 64 % ;
- l'entreprise logistique a pu réduire sensiblement ses coûts d'exploitation ;
- l'investissement dans le nouvel éclairage s'amortissait déjà au bout d'à peine deux ans et demi.

Le délai imparti à la conversion des halls à la technologie LED étant seulement de deux semaines, le financement et la réalisation devaient donc être parfaitement planifiés dès le début.

> Un modèle de financement intelligent sans capitaux propres

Pour un éclairage complet du hall, il fallait établir un calcul photométrique pour une surface de l'ordre de 4 800 m². Une grande précision était donc demandée aussi bien en termes de planification que de financement, l'entreprise voulant préserver ses liquidités au maximum. Pour y arriver, le fabricant a conçu un modèle de financement permettant à Taskin de tirer également le profit maximal des aides publiques. Le reste du projet a été réalisé via le modèle leasing personnalisé d'un partenaire financier. Pour le financement, l'énergie et le service complet, le client paie tous les mois moins que ce que l'ancienne installation d'éclairage lui aurait coûté en termes d'énergie et d'entretien. Taskin Logistics a pu ainsi réaliser des économies dès le premier jour.

> Une installation simple et rapide des produits adaptés

Les exigences posées à la nouvelle solution d'éclairage étaient définies par des hauteurs de plafond de sept mètres et par des magasins à hauts rayonnages. La solution met en œuvre des luminaires en ligne continue en 4 000, 8 000 et 13 000 lumens, associée à un système de gestion d'éclairage.

Des luminaires de type intensif et à répartition intensive-extensive facilitent le travail dans les halls et permettent de lire plus facilement les petits caractères des bons de commande. Grâce à la surface plane, fermée des luminaires, la ligne continue résiste mieux à l'empoussièrement, ce qui prolonge sa performance dans le temps.

Pour un éclairage encore plus efficace et axé sur les besoins, l'entreprise chargée de l'installation a équipé le bâtiment d'un système de gestion d'éclairage adapté. Une détection de présence permet ainsi une commande séparée des différentes allées des magasins à hauts rayonnages dès qu'un collaborateur s'approche. À l'arrivée d'un chariot élévateur dans le hall, l'allée principale est d'abord éclairée ; si ce chariot tourne ensuite dans un passage entre les rayonnages, ce dernier s'allume à son tour ; les autres zones restent sombres.

La gestion de l'éclairage permet non seulement de réaliser des économies importantes, mais également d'augmenter la sécurité et le confort.

Selon des calculs, les nouveaux systèmes d'éclairage LED et la commande d'éclairage ont permis de faire passer la consommation annuelle de 242 174 kWh à 87 533 kWh.

Par rapport à l'ancienne installation, le potentiel d'économies d'énergie est de l'ordre de 64 %, ce qui permet un amortissement de la nouvelle installation en moins de deux ans et demi.



Avant



Après

B. Développement durable chez Havi Logistics

MATÉRIEL ÉCLAIRAGE : OSRAM LIGHTING

Osram Lighting Solution a élaboré un concept d'éclairage LED pour plusieurs sites d'Havi Logistics basé sur des audits énergétiques mis en œuvre dans toute l'Europe.

Suite à la rénovation de l'éclairage, les coûts énergétiques ont été réduits jusqu'à 80 % grâce à l'efficacité de la technologie LED et à la gestion intelligente de l'éclairage dans les centres de stockage réfrigérés.



© Osram Lighting

> Audits énergétiques

La société internationale de logistique Havi Logistics est active dans plus de 30 pays d'Europe, en fournissant de grandes chaînes de restaurants dans plus de 60 centres de distribution (CD). Une initiative liée au développement durable précise que tous les sites doivent être rénovés selon un concept d'éclairage uniforme et performant. L'objectif est de réduire les coûts de l'énergie en utilisant la technologie moderne des LED et d'intégrer la gestion intelligente de la lumière. « Nous voulons aussi réduire l'apport de chaleur dans les entrepôts frigorifiques et de congélation causé par l'éclairage conventionnel », explique-t-on chez Havi Logistics.

Sur tous les sites allemands, Osram a diagnostiqué avec précision quels étaient les niveaux d'économie réalisables en fonction de l'occupation des lieux et de l'apport de lumière naturelle et artificielle, et cela pour une période

de deux semaines. Les résultats ont montré que les potentiels d'économie se situaient entre 20 % et 80 % selon la zone. De cette façon, un concept d'éclairage adapté a pu être déployé dans les différents bâtiments ou entrepôts, qui prend en compte le potentiel d'économie d'énergie ainsi que les coûts d'investissement et les retours sur investissement de chaque zone.

> Rénovation LED

Des projets de rénovation exploitant la technologie LED ont récemment été menés dans plusieurs centres logistiques en Espagne, au Portugal, en Pologne, en Suède et en Allemagne. Deux types de luminaires LED, associés à un système de gestion de l'éclairage, ont été installés sur les sites.

Dans les entrepôts et les allées entre les congélateurs (avec des températures ambiantes de l'ordre de -23 °C), environ 50 luminaires LED ont été installés assurant robustesse et pérennité au système d'éclairage.

Les luminaires dans la zone réfrigérée sont équipés de détecteurs avec la fonction « Step Control ». Si des personnes ou des véhicules sont détectés dans la zone, l'éclairage passe de 10 % à 100 % de l'éclairage. Puis, si durant un délai de 30 secondes aucun véhicule ou personne n'est détecté, l'éclairage repasse à 10 %.

Les économies de l'ordre de 80 % dans les entrepôts de stockage, et jusqu'à 90 % dans certaines zones.

Les niveaux d'éclairage ainsi que la qualité de la lumière ont été nettement améliorés.

Les employés ont noté une amélioration significative de leur environnement de travail après la remise en état de l'éclairage, augmentant le niveau de satisfaction générale.

Le site comprend également environ 300 luminaires LED utilisés pour l'éclairage des allées dans la zone d'entreposage à sec et équipés de détecteurs de présence et de luminosité naturelle. Trois capteurs sont intégrés dans chaque allée.

Le remplacement des tubes fluorescents T8 et lampes à décharge obsolètes par des solutions d'éclairage LED permet de réaliser des économies d'énergie et de réduire le taux de CO₂. L'apport de chaleur dans les zones réfrigérées a également été réduit grâce au nouveau concept d'éclairage LED, réduisant la consommation d'énergie dans ces zones qui représentent une part importante d'un centre de distribution.

À présent, Havi Logistics économise environ 1,7 MWh d'énergie et plus de 830 tonnes de dioxyde de carbone par an en Allemagne, et le retour sur investissement est d'environ 2,8 ans.



C. Plateforme logistique GRTgaz

LANTERNEAUX : SIH

Inaugurée en décembre 2011, la nouvelle plateforme logistique Philogaz de GRTgaz à quelques kilomètres de Châteauroux (Indre) est l'un des bâtiments tertiaires les plus performants de France en matière environnementale. La plateforme comprend en plus d'un espace de stockage de tubes de 5 ha, un entrepôt de 10 000 m² et 400 m² de bureaux.

Suite à la rénovation de l'éclairage, les coûts énergétiques ont été réduits jusqu'à 80 % grâce à l'efficacité de la technologie LED et à la gestion intelligente de l'éclairage dans les centres de stockage réfrigérés.



d'une centaine de lanterneaux qui assurent les fonctions d'éclairage naturel et de désenfumage assortis de grilles retardatrices d'effractions.

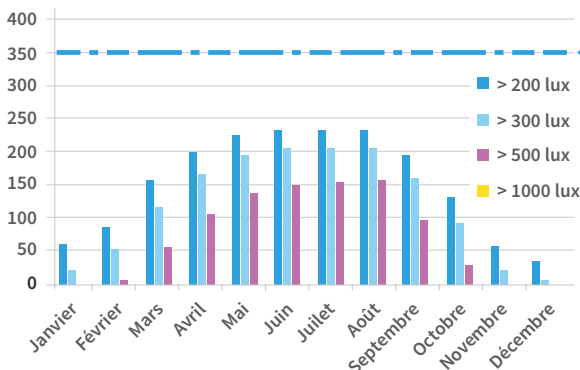
Ces équipements sont montés sur une costière de 40 cm avec une isolation laine de roche sur 30 mm. Le remplissage PCA opalescent 16 mm/7 parois assure une excellente diffusion de la lumière naturelle qui favorise économies d'énergie et confort de travail.

L'éclairage naturel est une façon simple d'allier la qualité de vie au travail, les exigences d'une démarche environnementale tout en maîtrisant la facture énergétique. Les appareils de la gamme ISOLHIS bénéficient d'un remplissage PCA 16 ou 32 mm permettant une excellente diffusion de la lumière à l'intérieur des locaux. Un traitement anti-UV leur assure une bonne tenue dans le temps.

90 lanterneaux de 2 m x 3 m sont installés sur les 9 000 m² des cellules de stockage de 12 m de hauteur sous plafond et permettent d'obtenir un FLJ (Facteur Lumière du Jour) moyen de 1,3 %.

Bénéficiant d'une certification HQE et du label BBC, elle satisfait également aux exigences imposées par l'Afilog, à l'origine d'un référentiel HQE spécifique au secteur de la logistique. Le choix de l'éclairage zénithal et des lanterneaux Isolhis s'inscrit dans cette démarche.

Les bâtiments bénéficient d'un éclairage naturel de haute qualité grâce à l'installation de plus



100 % d'occupation 350 h / mois

Nombre d'heures par mois qui permet d'obtenir où l'éclairage naturel permet d'obtenir des valeurs de 200 lux à 1 000 lux pour un temps d'occupation de 16 h/j, 5 j/semaine. De mai à août, on observe 200 heures de disponibilité à 300 lux et plus de 50 heures en février.

D. Plateforme logistique Argan, Roissy-en-Brie (77)

MATÉRIEL ÉCLAIRAGE : PHILIPS LIGHTING

Argan est une foncière spécialisée dans la location de plateformes logistiques (1,4 million de mètres carrés de patrimoine) et veille à concevoir ses immeubles en prenant en compte les meilleurs standards environnementaux, et accompagne ses clients locataires dans leur démarche de développement durable.

La plateforme logistique de Rexel à Roissy-en-Brie est constituée de quatre cellules pour un ensemble de 17 000 m² et une hauteur moyenne de 11 m. Le site est équipé d'une toiture dotée de lanterneaux offrant d'importants apports de lumière naturelle. L'ancienne installation d'éclairage était composée de luminaires équipés de ballasts ferromagnétiques et de lampes aux iodures métalliques de 400 W ou de tubes fluorescents de 58 W. Le premier poste de consommation d'énergie du site est l'éclairage qui compte pour environ 45 % de la consommation totale d'électricité.



Trois scénarios lumineux qui s'adaptent à l'environnement de travail et aux cadences des activités

Les économies réalisées sur les consommations sont de l'ordre de 85 %

Retour sur investissement : 4 ans



> Analyse des besoins

L'occupation du site ayant évolué depuis l'installation, une analyse de terrain a été menée auprès des collaborateurs pour déterminer les besoins en termes de niveaux d'éclairement, de confort visuel et de sécurité. Cette étude a permis de choisir un éclairage évolutif axé sur ces besoins.

Le cahier des charges était le suivant :

- Niveau d'éclairement supérieur à la norme NF EN 12464
- Amélioration globale de l'uniformité de 0,6
- Limitation de l'UGR (< 25)
- Gain d'énergie minimum de 80 %
- Gestion intelligente et évolutive dans le temps
- Installation et programmation rapides

> Solution et résultats

Pour apporter la meilleure réponse, la cellule de prescription Rexel a élaboré un dossier comparatif complet d'études techniques avec huit fournisseurs. Un luminaire LED avec système de gestion intégré de Philips Lighting a été choisi. L'optique elliptique a permis de diminuer le nombre de luminaires de 40 % tout en améliorant fortement l'éclairement. Chaque luminaire est équipé d'une cellule de détection de lumière naturelle et de présence sans fil intelligente, avec une communication en Zigbee (sans câblage supplémentaire). Ce système très flexible permet de créer des zones et réseaux de luminaires pour offrir *in fine* économies d'énergie, confort et sécurité.

9. OUTIL DE CALCUL DU COÛT GLOBAL

Aide au calcul du temps de retour sur investissement et du coût global d'une installation d'éclairage

Téléchargez ce tableau sous format Excel, avec les formules de calcul, des explications complémentaires, des propositions de valeurs par défaut et des suggestions de graphiques, sur www.syndicat-eclairage.com.

DONNÉES DE BASE		COL1 Existant ou projet 1		unité	COL2 Projet 2
Type de source de lumière (lampes ou tubes, ou luminaire à module LED) utilisé :					
Type de ballast (si la source de lumière est une lampe à décharge ou fluorescente)				j	
Durée prévisionnelle d'utilisation de l'installation (avant dépose et remplacement)				m ²	
1	Surface du local			h	
2	Nombre d'heures d'allumage de l'éclairage par jour			j	
3	Nombre de jours d'allumage de l'éclairage par an			h	
4	Nombre d'heures d'allumage de l'éclairage par an en tarif de jour			j	
5	Nombre d'heures d'allumage de l'éclairage par an en tarif de nuit			h	
6	Durée de vie des sources de lumière (lampes ou tubes, ou luminaire à module LED) utilisées			h	
7	Prix du kWh ou prix du kWh jour, toutes taxes, redevance et abonnement compris			€	
8	Prix du kWh nuit, toutes taxes, redevance et abonnement compris			€	
9	Taux horaire de la main-d'œuvre pour l'installation			€	
10	Taux horaire de la main-d'œuvre pour la maintenance			€	
A	Nombre d'heures d'allumage de l'éclairage par an			h	
COÛT DE L'INVESTISSEMENT INITIAL					
Pour le coût de main-d'œuvre d'installation, soit vous détaillez les temps et le coût total d'installation lignes (lignes 9, 14, 15), soit vous inscrivez le coût forfaitaire total de l'installation des matériels (ligne C). Pour le luminaire, soit vous détaillez les coûts (lignes 16, 17, 18), soit vous inscrivez le coût total (ligne E)					
11	Nombre de luminaires du même type dans le local			Lumin.	
12	Nombre de lampes par luminaire			Lampes	
13	Nombre de ballasts par luminaire			Ballasts	
14	Temps d'installation par luminaire, câblage compris			h	
15	Temps d'installation du système de gestion (s'il n'est pas intégré aux luminaires), câblage compris			h	
16	Prix d'un luminaire (sans lampes, sauf luminaire à module LED), avec éventuellement gestion intégrée			€	
17	Prix d'une lampe ou d'un tube (starter éventuel inclus)			€	
18	Prix du système de gestion (s'il n'est pas intégré aux luminaires)			€	
B	Temps total d'installation (câblage et raccordements compris)			h	
C	Coût total main-d'œuvre d'installation (câblage et raccordements compris)			€	
D	Prix des lampes par luminaire			€	
E	Investissement par luminaire			€	
F	Prix total des luminaires équipés et de la gestion			€	
G	Investissement total (fourniture + installation)			€	
COÛT DE CONSOMMATION D'ÉNERGIE					
Pour les luminaires à modules LED, inscrivez directement la puissance totale annoncée par le fabricant en ligne I					
19	Puissance d'une lampe d'un luminaire			W	
20	Puissance d'un ballast			W	
21	Puissance d'éventuels systèmes de gestion non intégrés aux luminaires			W	
22	Pourcentage d'économie attendue grâce à la détection de présence (par défaut 20 %)			%	
23	Pourcentage d'économie attendue grâce à la variation en fonction de la lumière naturelle (par défaut 20 %)			%	

Le coût global comprend la somme des coûts d'investissement, des coûts d'exploitation et de maintenance d'un équipement calculée sur la durée d'utilisation prévisionnelle de cet équipement jusqu'à son remplacement. Si vous souhaitez évaluer et comparer le coût global de votre installation d'éclairage actuelle avec celui d'un projet de rénovation, ou si vous souhaitez comparer deux projets entre eux, vous aurez besoin de connaître certains des critères énumérés ci-dessous. Tous ne seront sans doute pas nécessaires, mais cette liste exhaustive vous permettra de ne pas en oublier afin de vous éviter de mauvaises surprises... NB : sur la version Excel de ce tableau, si les critères précédés d'un numéro sont renseignés, les cellules précédées d'une lettre se calculent elles-mêmes. Mais vous pouvez aussi y inscrire une valeur. Intégrez de nouvelles colonnes pour chaque type de luminaire.

I	Puissance totale d'un luminaire (lampes + ballasts + gestion intégrée)		W
J	Puissance connectée totale des luminaires du même type		W
K	Consommation annuelle de l'ensemble des luminaires du même type		kWh
L	Émission de CO ₂ (1 kWh éclairage = 100 g CO ₂)		kg CO ₂
M	Hypothèse de taux d'évolution annuelle du prix du kWh		%
N	Coût annuel de consommation d'énergie de l'ensemble des luminaires du même type		€
O	Puissance installée par m ² de l'ensemble des luminaires du même type		W/m ²
COÛT DE LA MAINTENANCE (RAMENÉ À L'ANNÉE)			
Soit vous disposez d'éléments pour les lignes 24 à 26, soit vous ne disposez que d'une offre forfaitaire et dans ce cas-là, vous l'inscrivez dans la ligne T			
24	Temps d'intervention pour le nettoyage d'un luminaire		h
25	Temps d'intervention pour le remplacement, le stockage et la collecte des lampes à remplacer sur un luminaire		h
26	Coût de mise en œuvre éventuelle d'échafaudage ou de nacelle (estimation annuelle)		€
P	Nombre de lampes (et starters éventuels) à remplacer par an (selon durée de vie et temps d'utilisation)		Lampes
Q	Coût des lampes (et starters éventuels) à remplacer chaque année		€
R	Temps d'intervention pour le nettoyage de tous les luminaires du local		h
S	Temps d'intervention pour le remplacement, le stockage et la collecte de toutes les lampes		h
T	Coût annuel de la maintenance		€
BILAN COMPARATIF (PAR RAPPORT À L'EXISTANT OU À UN AUTRE PROJET DE RÉNOVATION) ET CALCUL DU TEMPS DE RETOUR SUR INVESTISSEMENT			
Le temps de retour sur investissement est obtenu au moment où la somme des économies réalisées dépasse le montant du surcoût du projet de rénovation performant.			
La décision de rénover étant prise, le surcoût est calculé par comparaison entre un projet de rénovation à l'identique ou peu performant et un projet de rénovation performant, déduction faite des aides financières éventuelles.			
27	Rentabilité moyenne du capital investi (autofinancement + dettes)		%
U	Consommation d'énergie finale par m ² par an		kWhEF/m ² /an
V	Consommation d'énergie primaire par m ² par an		kWhEP/m ² /an
W	Énergie finale économisée par m ² par an		kWhEF/m ² /an
X	Énergie primaire économisée par m ² par an		kWhEP/m ² /an
Y	Euros économisés grâce à la détection de présence (Cf. 22)		€
Z	Euros économisés grâce à la variation en fonction de la lumière naturelle (Cf. 23)		€
AA	Total euros économisés sur l'énergie par m ² par an		€
AB	Total euros économisés sur la maintenance par m ² par an		€
AC	Économies annuelles globales		€
AD	Aide financière éventuelle (prime CEE, récupération FCTVA, ...)		€
AE	Coût moyen pondéré du capital investi (taux et actualisation)		€
AF	Surcoût de l'investissement initial, déduction faite des aides financières éventuelles estimées		€
AG	Temps de retour sur investissement (payback)		Années
CALCUL DU COÛT GLOBAL			
AH	Coût d'énergie sur la durée prévisionnelle d'utilisation de l'installation		€
AI	Coût de maintenance et d'entretien sur la durée prévisionnelle d'utilisation de l'installation		€
AJ	Coût global sur la durée prévisionnelle d'utilisation de l'installation		€
AK	Économie actualisée réalisée sur la durée prévisionnelle d'utilisation de l'installation		€

Cet inventaire des critères à considérer est indicatif et n'engage d'aucune manière la responsabilité des auteurs.

10. LES AIDES À L'INVESTISSEMENT

A. Prêt Éco-Énergie (destiné aux PME)

La banque publique d'investissement (BPI) a mis en place le Prêt Éco-Énergie destiné à financer des travaux de rénovation, entre autres de l'éclairage. Ce prêt s'adresse aux TPE et PME créées depuis plus de 3 ans, sans demande de garantie ni de caution personnelle ni bancaire ; le montant du prêt varie entre 10 000 et 100 000 € pour une durée de 5 ans, sans remboursement du capital la première année. Son taux est bonifié de 2 % par le Ministère de l'écologie (soit par exemple 0,25 % en avril 2016). Couplée aux certificats d'économie d'énergie, cette mesure vise à économiser de 4,5 à 5,5 Mtep d'ici 2020 en France. Sa demande se fait en ligne sur bpi France. Les matériels mis en œuvre doivent être éligibles aux CEE.



B. Financements bancaires privés

De grands établissements bancaires engagés dans la transition énergétique proposent des solutions de financement global des investissements de rénovation des installations d'éclairage industriel, tertiaire et commercial, principalement sous forme de leasing.

C. Certificats d'économies d'énergie (CEE)

Le dispositif des CEE repose sur une obligation de réalisation d'économies d'énergie imposée aux fournisseurs d'énergie. Les gains sont exprimés en kWh cumulés actualisés (cumac) : kWh économisés durant la durée de vie conventionnelle d'un équipement et corrigés d'un coefficient d'actualisation. Des fiches d'opérations standardisées (OS) ont été élaborées pour faciliter le montage d'actions d'économies d'énergie. Les CEE peuvent être échangés, sous certaines conditions, dans le cadre d'un marché de gré à gré et ainsi concourir au financement de l'investissement. Il existe aujourd'hui des opérations standardisées relatives aux entrepôts et lieux de stockage.

Conduits de lumière naturelle	IND-BA-114
Tubes à LED à éclairage hémisphérique	IND-BA-115
Rénovation d'éclairage à lampes à décharge par des luminaires à modules LED	IND-BA-116
Rénovation d'éclairage à tubes T8 par des luminaires à modules LED	IND-BA-117
Luminaire d'éclairage général à modules LED	BAT-EQ 127
Protections solaires de bâtiments du secteur tertiaire (DOM)	BAT-TH 138
Rénovation d'éclairage extérieur	RES-EC-104

Certains CEE du domaine tertiaire (BAT) peuvent s'appliquer dans l'industriel (IND) s'ils n'existent pas en IND

(disponibles en versions PDF avec liens hypertexte téléchargeables sur le site de l'ADEME et des partenaires)

- Rénovation de l'éclairage dans les bâtiments tertiaires
- Éclairage des parties communes des bâtiments tertiaires et résidentiels
- Rénovation de l'éclairage des commerces de centre-ville

À PARAÎTRE

- Rénovation de l'éclairage des locaux d'enseignement
- Rénovation de l'éclairage des établissements de soins
- Rénovation de l'éclairage dans les bâtiments tertiaires (nouvelle édition)

ADEME Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. www.ademe.fr

SYNDICAT DE L'ÉCLAIRAGE Fabricants de lampes, luminaires et systèmes de gestion de l'éclairage. www.syndicat-eclairage.com

AFE Association française de l'éclairage. www.afe-eclairage.fr

AFILOG www.afilog.org

CAPEB Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment. www.capeb.fr

EDF Électricité de France. www.edf.fr

FEDELEC Fédération nationale des professionnels indépendants de l'électricité et de l'électronique. www.fedelec.fr

FFIE Fédération française des entreprises de génie électrique et énergétique. www.ffie.fr

FGME Fédération des grossistes en matériel électrique. www.fgme.fr

GIF LUMIÈRE www.gif-lumiere.com

IGNES Industrie du Génie Numérique, Énergétique et Sécuritaire. www.ignes.fr

PERIFEM Association technique du commerce et de la distribution. www.perifem.com

RÉCYLUM Éco-organisme agréé à but non lucratif en charge de la collecte et du recyclage des déchets d'équipements électriques et électroniques. www.recyllum.com

SERCE Syndicat des entreprises de génie électrique et climatique. www.serce.fr

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer et du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

RÉNOVER L'ÉCLAIRAGE DES PLATEFORMES LOGISTIQUES ET ENTREPÔTS

L'ADEME, le Syndicat de l'éclairage, l'AFE, Afilog, la CAPEB, EDF, FEDELEC, la FFIE, la FGME, le GIF lumière, IGNES, Périfem, Récylum, et le SERCE se sont associés afin que ce guide dédié à la rénovation de l'éclairage des plateformes logistiques et entrepôts présente les principales informations sur les plans réglementaire, normatif et économique ainsi que les meilleures solutions d'éclairage disponibles aujourd'hui sur le marché. Ce guide s'adresse aux maîtres d'ouvrage, gérants, distributeurs, installateurs, prescripteurs, qui souhaitent des éclairages ergonomiques à coûts d'énergie et de maintenance réduits.

Ils y trouveront 10 chapitres qui, après l'exposé des enjeux et besoins, présentent les sources de lumière artificielle et naturelle, les systèmes de gestion, l'éclairage de sécurité, les principaux règlements et normes, le projet d'éclairage, l'écoconception et le traitement des DEEE, des exemples de réalisation, suivis d'un tableau d'aide au calcul du temps de retour sur investissement et du coût global, et la présentation des principales aides financières disponibles pour investir dans ces rénovations efficaces.

*Il existe en France
79 millions de m²
d'entrepôts dont l'éclairage
fonctionne souvent
24 h/24 et 7 j/7.*

*Les technologies actuelles
permettent à la fois
d'améliorer la qualité
de l'éclairage et d'éviter
les dépenses inutiles.*



www.ademe.fr



ISBN : 979-1-02970-429-1

8749

