

Notice

ÉCLAIRAGE

La réflexion sur l'éclairage dans les écoles et établissements scolaires est un sujet clef qui aborde autant les questions d'usage liées au confort visuel nécessaire par les activités que le thème de la transition énergétique et de la pérennité des installations et équipements techniques.

«Un élève peut difficilement être dans de bonnes conditions d'apprentissage si dehors il fait encore nuit. Pour contrebalancer cet effet, on pourrait travailler sur un stimulus circadien qui consiste à enrichir la lumière avec du bleu par exemple.»

À DIRES D'EXPERTS...*

Un éclairage approprié favorise l'apprentissage et contribue à l'amélioration de la **réussite scolaire de tous les élèves**. Certaines études ont montré que la capacité de concentration des élèves peut être affectée par les caractéristiques de la lumière artificielle, et pour certains est intimement liée à leur rapport à la lumière naturelle. Un bon éclairage contribue à limiter la **fatigue** et à réduire l'apparition de la **myopie chez les jeunes**. Chez les enfants en bas âge, l'éclairage contribue au bon développement de l'**oculo-motricité** et de la vision. Ainsi, pour préserver la **santé** de tous les usagers, un éclairage de qualité est essentiel.

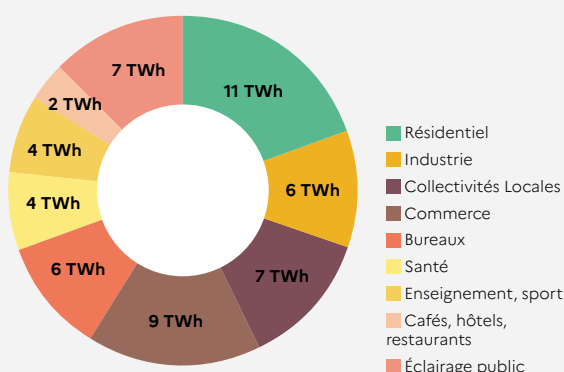
Cette question est également liée aux **enjeux environnementaux** et à la nécessité de maîtriser la consommation énergétique. Ce sujet est lié en grande partie au choix d'équipements performants et à l'installation de dispositifs de contrôle de l'éclairage. Pour autant, il importe de ne pas complexifier l'usage des équipements. Le **confort d'usage** permet ainsi de guider les choix entre les avancées technologiques pouvant être superfétatoires et les équipements améliorent réellement les conditions d'étude et de travail. Par ailleurs, toute réduction des consommations énergétiques passe par **un accompagnement au changement du comportement des usagers**.

Enfin, il importe de concevoir l'éclairage pour faciliter les **opérations de maintenance**, avec la visée d'assurer une **durabilité maximale** des installations lumineuses, et d'en garantir les performances à moyen et long termes.

L'ÉCLAIRAGE, UN VRAI SUJET D'OPTIMISATION ÉNERGÉTIQUE

Le potentiel d'économie d'énergie lié à une rénovation de l'éclairage des locaux scolaires est évalué par l'ADEME de 40 à 80 %. Cette rénovation s'appuie entre autres sur le remplacement des lampes traditionnelles par des diodes électroluminescentes (LED) dont l'efficacité énergétique est 10 à 20 fois supérieure et la durée de vie 20 à 50 fois plus longue que celles des lampes à incandescence ou halogène.

RÉPARTITION DE LA CONSOMMATION GLOBALE D'ÉNERGIE POUR L'ÉCLAIRAGE**



*Source : Verbatim issu des groupes de travail réunis pour l'élaboration des guides «Bâtir l'Ecole». / **Source : ADEME pour le Débat national sur la Transition énergétique, janvier 2013

1. LES ATTENDUS, LES SOLUTIONS À PRIVILÉGIER

■ Penser l'éclairage artificiel comme un complément de l'éclairage naturel

La **lumière artificielle** doit être conçue comme un **palliatif** à l'éclairage naturel, et uniquement envisagée lorsque la luminosité naturelle n'est pas suffisante pour les activités. C'est pourquoi la conception architecturale favorise autant que possible, à travers notamment l'étude du plan masse, la pénétration de l'éclairage naturel au sein des espaces scolaires.

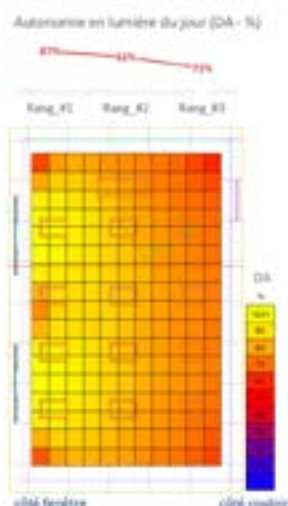
Ainsi l'**orientation**, la **présence**, et le **dimensionnement des surfaces vitrées** donnant sur l'extérieur sont des critères essentiels à une bonne conception des locaux scolaires. Selon les principes éprouvés de l'architecture bioclimatique, l'orientation nord-sud est à privilégier au maximum pour les salles de classe de préférence à une orientation est-ouest. Si les **baies** sont correctement orientées et en nombre suffisant dans les salles de classe, il sera nécessaire de faire appel aux dispositifs compensatoires d'éclairage artificiel uniquement lorsque les temps scolaires ne correspondent plus aux heures d'ensoleillement.

Dans le cadre d'une conception architecturale incluant de larges baies vitrées pour améliorer le **facteur de lumière du jour**, il est également nécessaire de trouver un juste équilibre entre cette amélioration et l'augmentation des **dépensements thermiques** (compensées pour partie par la mise en œuvre de **doubles vitrages**) ainsi que d'un effet de **paroi froide**, facteur d'inconfort.

SIMULATIONS DU FACTEUR DE LUMIÈRE DU JOUR POUR UNE CLASSE COMPORTANT 35% DE BAIES VITRÉES EN EXPOSITION SUD-EST. L'AUTONOMIE EN LUMIÈRE DU JOUR EST DE 80% POUR UN FACTEUR DE LUMIÈRE DU JOUR DE 4,5%.



© Architecture & Climat, Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme (LOCI) – Université catholique de Louvain (Belgique).



LE FACTEUR DE LUMIÈRE DU JOUR, UN PARAMÈTRE À INTÉGRER AU DÉMARRAGE DE LA CONCEPTION

Indicateur de référence de l'éclairage naturel, le facteur de lumière du jour est le rapport de l'éclairement naturel intérieur reçu en un point (généralement le plan de travail ou le niveau du sol) à l'éclairement extérieur simultané sur une surface horizontale, en site parfaitement dégagé, par ciel couvert. Il s'exprime en pourcentage.

À DIRE D'EXPERTS...*

Le contraste lumineux, c'est l'écart entre l'apport de lumière naturelle et la compensation artificielle qui est mise en place grâce à l'éclairage artificiel. Et ces effets de contraste ne sont pas au bénéfice du confort de l'utilisateur, qui peut ressentir très rapidement des effets de fatigue !

Parfois, des dispositifs de **protection solaire** peuvent être rendus nécessaires pour se protéger d'une exposition trop forte au rayonnement solaire à certaines périodes de l'année ou dans le cas d'une orientation est ou ouest et ainsi éviter des phénomènes de surchauffe (confort d'été). **Casquettes, stores extérieurs, volets, persiennes**, etc. peuvent ainsi être intégrés à la conception de façade pour animer celle-ci et minimiser les apports solaires. Dans le cas de rénovations, des casquettes passives en matériaux durables et légers peuvent être ajoutées sur les façades sans pour autant entraîner de grands travaux, à condition que les structures soient à même de les supporter.

Des **dispositifs passifs** impliquant peu de technologie et peu de manipulations de la part des usagers sont à privilégier pour viser une meilleure durabilité, certains modèles de stores motorisés nécessitant une maintenance régulière. A noter que les **arbres à feuilles caduques** peuvent également apporter une bonne protection solaire en façade sud, l'absence de feuillage permettant la pénétration de la lumière naturelle en hiver. La mise en œuvre d'une casquette paraît être la solution la plus sûre en terme de durabilité des installations, à condition d'en établir l'épure de façon précise et adaptée au site.

CASQUETTE :

Lycée Jean Jaurès de St Clément de Rivière (34)



© Tourre Sanchis architectes

BRISE SOLEIL ORIENTABLE :

Lycée Claveille de Périgueux (24)



© COCO architecture, Florent Michel, 11h45, photographe.



VOLETS COULISSANTS :

Collège Paul Eluard de Châtillon (92)



© Fabienne Bulle architecte & associés

STORES EXTÉRIEURS EN TOILE :

Groupe scolaire Lucie et Raymond Aubrac de Gennevilliers (92)



© Ateliers 2/3/4, Charly Broyez, photographe.

Une bonne orientation se conçoit également en termes de **vues vers l'environnement extérieur**. En effet, si les baies vitrées apportent dans les classes la lumière la plus qualitative possible, à savoir la lumière naturelle, elles procurent aussi **un repos pour l'œil** et des perspectives aux utilisateurs des locaux. Malgré tout, elles peuvent constituer une source de déconcentration. Il faut donc bien réfléchir aux vues depuis ces baies. Sur le même sujet, l'installation de **films occultants** sur les vitrages est parfois nécessaire afin de limiter la visibilité de l'intérieur des locaux depuis l'extérieur de l'établissement. Cette solution est assez peu coûteuse mais peut limiter la luminosité apportée par les ouvertures et nécessite des précautions lors des opérations de nettoyage et d'entretien.

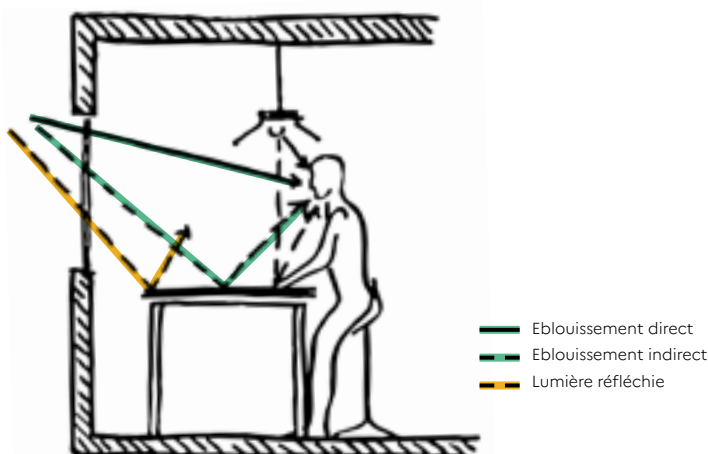
■ Concevoir un éclairage qui s'adapte aux différentes activités

Les besoins en luminosité et en éclairage sont très **variables en fonction de l'âge des usagers et des activités** pratiquées dans les établissements scolaires aux différents moments de la journée. Ainsi, l'éclairage adéquat des visages (des enseignants) est indispensable à un apprentissage de qualité pour les plus jeunes qui se familiarisent avec le langage, l'oralité et la lecture. Autre exemple, dans une salle dédiée à la motricité, où les élèves peuvent se trouver au sol sur le dos, l'installation de luminaires encastrés dans les plafonds avec un éclairage direct est déconseillée à cause de l'éblouissement. En tenant compte de cet impératif d'ergonomie visuelle, il faut porter une attention particulière à l'éblouissement provoqué par le luminaire lui-même.

Il est par ailleurs essentiel que le niveau d'éclairement des salles de classe soit adapté à un travail sur table et à la lecture. Des **dispositifs de variation du niveau d'éclairement** - à distinguer des protections solaires - peuvent permettre de créer la pénombre lorsque l'enseignant souhaite projeter des images ou une vidéo, ou lorsqu'un temps de repos est requis.

L'usage de luminaires à **très basse luminance (TBL)** a pour finalité d'éviter l'**éblouissement direct par le luminaire** et de contribuer à l'**uniformité d'éclairement des surfaces** concernées ; à la fois par la meilleure diffusion du flux lumineux et par l'espacement optimal des luminaires dans une même pièce.

EFFETS CUMULÉS DE L'ÉCLAIRAGE DIRECT ET INDIRECT



À DIRES D'EXPERTS...*

La technologie LED est particulièrement modulable pour s'adapter aux besoins au cas par cas, grâce aux propositions de gradation, variateurs d'intensité, variateurs de température de couleur, etc. Ainsi l'éclairage peut être adapté en fonction de l'activité développée dans les locaux et en fonction des apports en lumière naturelle aux différents moments de la journée. Attention aux effets "papillotements" et "flickers" dus à la distorsion de la lumière par les courants alternatifs. Certaines LED de mauvaise qualité ne contrôlent pas ces sautilllements de la lumière, et cela peut vivement gêner le confort visuel des enfants.

NIVEAU DE RÉFLEXION DES PAROIS RECOMMANDÉ

COULEUR ET MATÉRIAUX	POUVOIR RÉFLÉCHISSANT RECOMMANDÉ
Plafond	
Blanc	100%
Aluminium, papier blanc	80 - 85%
Mur	
Ivoire, jaune citron vif	70 - 75%
Jaune vif, ocre clair, vert clair, bleu pastel, rose pâle, crème	60 - 65%
Vert citron, gris pâle, rose, orange soutenu, bleu gris	50 - 55%
Calcaire, bois clair, bleu ciel	40 - 45%
Sol	
Chêne clair, ciment sec	30 - 35%
Rouge profond, vert prairie, bois, vert feuille clair, vert olive, brun	20 - 25%
Bleu foncé, pourpre, brun rougeâtre, gris ardoise, brun foncé	10 - 15%
Noir	0%

Il est intéressant de concevoir **des ambiances lumineuses qui varient en fonction du moment de la journée**, afin que celles-ci accompagnent et ne bousculent pas trop les cycles circadiens des utilisateurs. Une lumière plus froide et plus intense le matin pourra "réveiller" les élèves et favoriser leur apprentissage de début de journée. En revanche, dans un espace de repos ou en milieu de journée (avant la pause méridienne), une lumière plus chaude et apaisée sera plus chaleureuse et plus en phase avec ces activités.

La multiplication des sources et des dispositifs d'éclairage, combinée à une attention portée aux **couleurs et matériaux**, crée une ambiance lumineuse globale qui contribue à un confort d'usage réel dans les locaux scolaires. Le fait de pouvoir moduler l'éclairage par zones en fonction des besoins liés aux activités, mais aussi en fonction des conditions extérieures d'éclairement va dans le même sens. Ces deux paramètres nécessitent de penser l'éclairage comme une combinaison fine entre éclairages naturel et artificiel, mais aussi entre **éclairages direct et indirect**, impliquant aussi la réflexion de la lumière sur les parois. En particulier, un éclairage direct combiné à l'éclairage des plafonds et des murs permet de regagner un certain confort visuel quand les cours ont lieu dans des conditions lumineuses extérieures faibles (début et fin de journée, mauvais temps).

Dans ce cas, il s'agit de **limiter les effets de contraste** pour procurer la sensation d'un niveau d'éclairement global satisfaisant. Par ailleurs, l'éclairage direct/indirect peut limiter les effets de brillance dus à des surfaces telles que des écrans d'ordinateur, tableaux blancs, écrans de projection, etc...

DÉFINITIONS

Intensité lumineuse : quantité de lumière fournie par une source directive (mesurée en candela).

Éclairement : quantité de lumière dans un lieu ou une surface (mesurée en lux).

Luminance : rapport entre l'intensité d'une source de lumière visible dans une direction donnée, divisée par l'aire apparente de cette source dans cette même direction (mesurée en candela/m²). La luminance est un des indicateurs qui permet d'évaluer la question de la perception de l'intensité lumineuse par l'observateur et donc de traiter la notion d'éblouissement.

Éblouissement : trouble visuel brutal causé par une lumière vive et aveuglante entraînant une impossibilité partielle ou totale de voir.

Température de couleur : la lumière blanche, de même que toute lumière, est décomposable en un spectre de couleur. Ainsi pour qualifier la couleur d'une lumière on définit la température de couleur. Une lumière sera plutôt de teinte chaude en dessous de 3000 K ou froide pour une température de couleur supérieure à 3 000 K. Plus une couleur est chaude visuellement, plus sa température thermique est donc faible.

Rythme circadien : rythme biologique qui marque l'adaptation de l'organisme à l'alternance jour-nuit durant une journée environ.

Flux lumineux : il caractérise la quantité totale de lumière (exprimée en lumens) générée par une lampe, indépendamment de l'orientation. L'optique de la lampe elle-même, ainsi que l'optique de l'appareil d'éclairage équipé de cette lampe, assure une concentration de ce flux selon un angle déterminé ou, a contrario, une émission de ce flux de façon homogène sur une plus grande surface.

Unified Glare Rating (UGR) : niveau d'éblouissement d'inconfort. Dans un local d'apprentissage, l'UGR, calculé lors du projet d'éclairage, ne doit pas dépasser 19.

Indice de rendu des couleurs (IRC ou Ra) : capacité d'une source à restituer fidèlement les couleurs telles qu'elles apparaissent en éclairage naturel.

Indice de résistance aux chocs mécaniques (IK) : Un luminaire IK 10 résiste mieux au vandalisme qu'un IK 20.



**ÉCOLE MATERNELLE JEAN CARRIÈRE,
NÎMES (33)**

Tectoniques, architecte, Les éclairieurs, concepteur lumière, Jérôme Ricolleau, photographe.

UN ÉCLAIRAGE INCLUSIF : cela profite à tout le monde

Certains enfants peuvent présenter une hypersensibilité à la lumière ou un besoin de la moduler pour compenser une déficience visuelle ou des difficultés de concentration. Quelques dispositifs peuvent être mis en place :

- un système d'occultation permettant de **moduler** l'apport en lumière naturelle.
- un **allumage différencié** par zones ou bien des variateurs d'intensité voire de température de couleur.

- un système d'innervation suffisant pour installer **des lampes de bureau individuelles**.

Il faut par ailleurs éviter l'utilisation d'éclairage par détecteurs de mouvements qui fonctionnent uniquement en mode marche/arrêt, et préférer ceux à abaissement progressif, afin de réduire les risques d'éblouissement et de papillotement. La taille des baies vitrées doit également être limitée, les élèves hypersensibles à la lumière ayant besoin de percevoir l'espace dans lequel ils se trouvent.

■ Utiliser la technologie à bon escient pour permettre une meilleure appropriation par les usagers

En premier lieu, il faut prendre conscience qu'**apprendre aux usagers à se servir des équipements** est une condition sine qua non à la garantie d'une bonne qualité d'éclairage dans les établissements scolaires. Les systèmes de détection de présence, d'allumage automatique ou sur horloge permettent de prévoir des scénarios d'éclairage en fonction des occupations des locaux. **L'extinction de l'éclairage** est impérative quand il n'y a plus personne dans le local et le système doit pouvoir **adapter en continu le niveau d'éclairement** de la pièce en fonction des apports gratuits de lumière du jour (Cf. « article 43 de la RT par élément »). Il existe aujourd'hui des systèmes simples et éprouvés, intégrés ou non aux luminaires, qui assurent ces fonctionnalités.

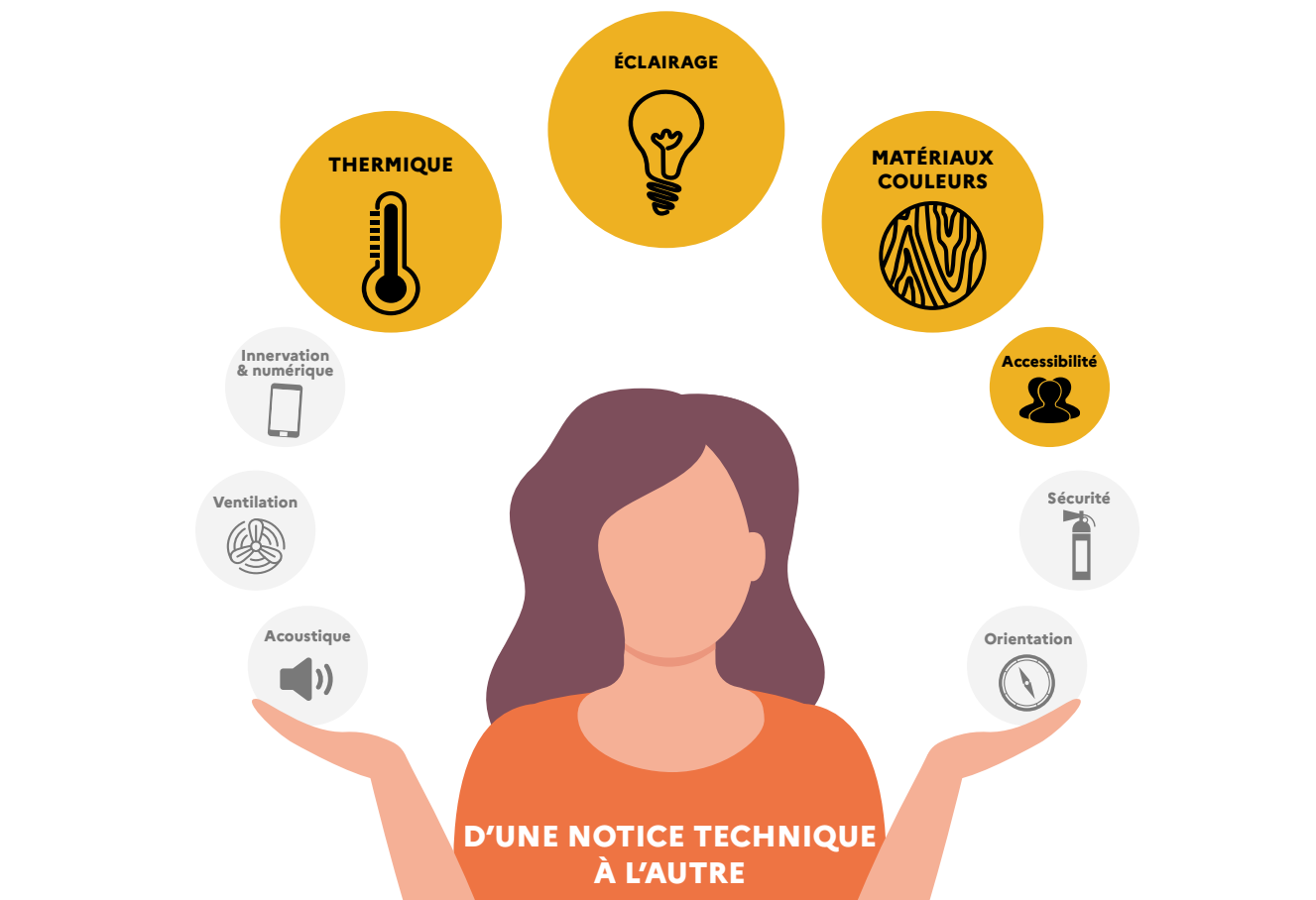
Dans les salles de classe, comme dans les parties communes, ces systèmes permettent de n'éclairer qu'au plus près des besoins réels, et d'éteindre lorsque personne n'y pense ; ils sont générateurs d'importantes économies d'énergie.

Mais attention toutefois : **l'utilisation doit rester simple et intuitive**, l'automatisme n'étant pas toujours la bonne solution. La simplicité est gage d'une appropriation réelle par les usagers, générant de vraies économies d'énergie, et une meilleure pérennité des équipements. En sus, il faut être conscient du coût de ce type d'équipements, qui peuvent devenir une variable d'ajustement de l'équilibre budgétaire des projets.

Il est impératif d'anticiper les conditions d'exploitation du bâti scolaire et de penser à intégrer un paramètre de **durabilité et de maintenabilité des équipements** choisis. L'installation de nouveaux systèmes d'éclairage plus performants n'est utile que si les actions d'entretien et de maintenance garantissant les performances lumineuses des espaces dans le temps sont anticipées. Les équipements doivent être **aisément accessibles** (y compris dans les circulations verticales), leur entretien ne doit pas nécessiter de démontage préalable ou une action complexe (impliquant le recours à une nacelle par exemple ou à un échafaudage, à remplacer par une implantation accessible directement ou par une motorisation de descente des luminaires). **La limitation du nombre et du type de lampes**, ainsi que le recours à des appareils issus de marques réputées et de gammes standards facilitent l'entretien et le suivi des produits.

PISTE À EXPLORER

Aujourd'hui peu développés, les contrats de performance sur la durée pourraient permettre d'engager le constructeur/vendeur/prestataire auprès de l'établissement scolaire et d'encadrer les performances des systèmes d'éclairage dans le long terme (par exemple : engagement sur les économies d'énergie, sur la maintenance des niveaux d'éclairement, des automatismes...).



La gestion de l'éclairage naturel est à concevoir et corrélée avec la conception thermique de l'équipement. Penser l'éclairage artificiel ne se conçoit pas sans une réflexion sur les matériaux et les couleurs en tenant compte des questions d'accessibilité. Enfin les équipements d'éclairage sont dépendants de l'innervation de l'équipement.

2. LES EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES ET NORMATIVES À PRENDRE EN COMPTE

A ce jour, les principales normes afférentes à l'éclairage et réglementations sont :

- **Les articles R. 4213-2, R. 4213-3 et R. 4223-1 à R. 4223-12** du Code du travail.
- **Les articles «Éclairage» de l'arrêté du 8 décembre 2014** relatif à l'accessibilité des personnes handicapées dans les ERP.
- **L'article 14 de l'arrêté du 8 décembre 2014** relative à l'accessibilité des ERP situés dans un cadre bâti existant.
- **Les articles «Éclairage» de l'arrêté du 3 mai 2007** (RT par éléments) qui régissent les exigences de performances énergétiques lors de la majorité des rénovations.
- **La norme européenne NF EN 12464-1** « Lumière et éclairage - Éclairage des lieux de travail - Partie 1 : lieux de travail intérieurs » : cette norme indique les modalités permettant de viser un confort visuel et des performances visuelles optimales pour des personnes dont la vue est normale. Toutes les tâches visuelles courantes y sont considérées, y compris le travail sur écrans. Elle décline les exigences relatives à l'éclairage (éclairage moyen à maintenir, éblouissement d'inconfort, uniformité de

l'éclairage, valeur minimale de l'indice de rendu des couleurs des lampes) par typologie d'espace et d'activité (bureaux, espaces communs, circulation, ...).

- **La norme NF X 35-103** (Ergonomie, principes d'ergonomie visuelle applicable à l'éclairage des lieux de travail) : décrit des principes et une méthode ergonomiques visant à définir les éléments essentiels à l'éclairage des lieux de travail, en situation réelle. Elle prend en compte la norme d'éclairage intérieur en prenant en compte trois spécificités : l'âge de l'opérateur, la tâche visuelle, et la situation à risque.

En complément, quelques textes de référence peuvent servir de base à l'établissement d'exigences :

- **Le Guide de l'ADEME** "Rénover l'éclairage des bâtiments tertiaires" qui détaille l'approche d'un projet d'éclairage et explicite plus longuement les normes techniques et réglementations citées ci-dessus.
- **La Charte pour l'éclairage LED intérieur et extérieur du Syndicat de l'éclairage** qui liste des critères de qualité des équipements d'éclairage sur lesquels le maître d'ouvrage peut interroger le fabricant.

3. INDICATEURS CIBLES SOUHAITABLES POUR QUELQUES ESPACES

	FACTEUR DE LUMIÈRE DU JOUR	NIVEAU D'ÉCLAIREMENT MOYEN À MAINTENIR	NIVEAU D'ÉCLAIREMENT MOYEN À MAINTENIR SUR TABLE
Salle de classe primaire et secondaire	Entre 1,5 et 2 %	200 lux	300 lux uniformité de 0.60
Salle de restauration	Environ 1,5%	150 lux	200 lux uniformité de 0.40
Salle de motricité	Environ 1,5%	150 lux	
Bibliothèque - salle de lecture	Entre 1,5 et 2 %	200 lux	500 lux uniformité de 0.60
Espace administratif	Entre 1,5 et 2 %	200 lux	300 lux uniformité de 0.60
Salle de travaux pratiques - travaux manuels - laboratoires		300 lux	300 lux uniformité de 0.60
Circulations intérieures	100 lux (circulations horizontales) et 150 lux (circulations verticales)		
Cheminements extérieurs		20 lux	

L'article 44 de la RT par éléments impose une puissance installée maximale pour l'éclairage général de 1,6 W par m² par tranche de 100 lux (soit par exemple pas plus de 8 W par m² si l'on souhaite 500 lux sur table). L'indice de rendu des couleurs (IRC) doit toujours être supérieur à 80 ; et l'indice de dangerosité optique des sources d'éclairage doit appartenir au groupe de risque GR0.

AVANT DE SE LANCER

- Quel éclairage pour quelle activité ? Pour quel public d'utilisateurs ?
- Comment choisir un éclairage qui ne fatigue pas la vision et respecte les cycles circadiens ?
- Quel est l'équilibre idéal entre technologie, facilité d'usage et d'entretien lorsqu'il s'agit de choix d'éclairage ?
- Dans le cas où un établissement scolaire maximise l'apport en lumière naturelle de ses locaux, quels dispositifs peuvent conserver le confort thermique de ceux-ci ?

D'autres informations disponibles sur le site <https://batiscolaire.education.gouv.fr/>

* Source : Verbatim issu des groupes de travail réunis pour l'élaboration des guides «Bâtir l'Ecole».