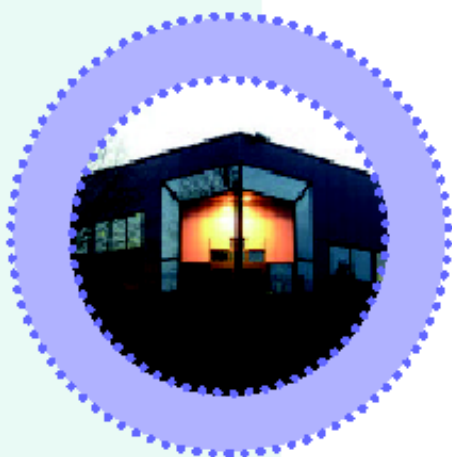


Eclairage intérieur

Guide technique



- Bâtiments des
Collectivités Territoriales :
- Locaux administratifs
 - Locaux scolaires,
 - Locaux culturels et sportifs,
 - ...

L'éclairage intérieur des bâtiments publics est en pleine mutation depuis quelques années, et sa fonction de base permettant aux utilisateurs de travailler dans de bonnes conditions de confort est complétée par des considérations d'ordre esthétique, symbolique, environnementale et de bonne gestion.

L'arrivée de nouvelles sources lumineuses permet par ailleurs d'ouvrir le jeu en matière de performance, de diversité de lumières.

Le meilleur éclairage intérieur est la lumière naturelle, bien gérée par des stores extérieurs par exemple pour éviter éblouissement et surchauffe d'été, et elle est gratuite !

L'importance des consommations et dépenses d'éclairage intérieur artificiel complémentaire mérite qu'on lui accorde la même attention que pour le chauffage : respect de la réglementation, utilisation de matériel performant, confort à assurer, pilotage des installations.

L'objectif de ce guide est donc de permettre aux maîtres d'ouvrages et maîtres d'œuvre des collectivités locales de connaître ces nouvelles solutions, de donner des exemples concrets, les points à éviter, afin de concilier confort et performance.

L'Association des Ingénieurs territoriaux de France (AITF) est particulièrement attachée à la diffusion des expériences réalisées au sein des collectivités territoriales.

En effet, nombre d'actions innovantes voient leur portée limitée car n'étant appliquées qu'au niveau d'une seule commune : l'idée est de diffuser les résultats et ce faisant, de capitaliser la richesse de ces expériences acquises localement. C'est pourquoi le Groupe de Travail Énergie de l'AITF a décidé de réaliser ce document rassemblant des exemples d'actions de maîtrise de l'énergie, avec le support de EDF.

Il illustre les actions de quelques collectivités au travers d'expériences réalisées : Exposés des méthodes utilisées, difficultés rencontrées et pièges à éviter.

Plus qu'un simple recueil d'expériences en maîtrise de l'énergie, les auteurs espèrent que ce document pourra fournir des pistes d'actions ainsi que des contacts à toute personne responsable de l'Énergie dans une collectivité.

Le Groupe de Travail

REMERCIEMENTS

Le groupe de travail était composé de : - André BASTIER, Ville de ROCHEFORT

- Manuel BRUN, Ville de CHATENAY-MALABRY

- Charlotte DETAILLE, Ville de PARIS

- Bernard GARRIGUES, ARENE Ile de FRANCE

- Michel IRIGOIN, Ville de MONTPELLIER

- Patrick JOURDAIN, EDF, Expert Technique Lumière

- Isabelle LE VANNIER, Communauté d'Agglomération de MONTPELLIER

- Alain PAPILLON, Ville de ROCHEFORT

- Christophe PHILIPPE, Ville de ROUBAIX

- Jean-Charles RUE, EDF, Direction Marketing

- Sandrine SEGAUD, Ville de BEZIERS

- Philippe TESSIER, Syndicat Intercommunal pour le Gaz et l'Electricité en Ile de France

Ont également participé les partenaires suivants : Association Française d'Eclairage (AFE) Bernard DUVAL, Secrétaire général

Luc PEIROLO, Architectes Associés

Chapitre	Page	Chapitre	Page
1 Les bâtiments concernés		9 Directive Ballast	
2 Le confort		9.1 Ballasts électroniques pour lampes fluorescentes tubulaires	
3 Qu'est-ce qu'une bonne installation d'éclairage		9.2 Ballasts ferromagnétiques C : commercialisation interrompue au 21-11-2005	
3.1 Du bon sens		10 Pilotages	
3.2 ... et quelques principes		10.1 La gestion de l'éclairage	
3.3 Effets induits		10.2 Systèmes automatiques de gestion de la lumière	
3.4 Lumière et santé		10.3 Systèmes manuels de gestion de la lumière	
4 Les enjeux		10.4 Gestion Centralisée de l'éclairage	
4.1 Eclairage et performance énergétique des bâtiments – Les nouvelles données		11 Importance d'une bonne conception en amont	
4.2 Les consommations en éclairage		11.1 Rendement global source – luminaire - gestion	
4.3 Le projet de Sensibilisation de la Ville de ROCHEFORT		11.2 Investissement / coût d'énergie / entretien	
5 Réglementation et recommandations		11.3 Remplacement des tubes fluorescents	
5.1 Différenciation des états l'éclairage		12 Eclairages autonomes de sécurité	
5.2 Code du travail (obligation réglementaire)		13 Exemple d'applications avec retours d'expérience	
5.3 Norme et recommandations pour l'éclairage des lieux de travail		13.1 Ecoles	
5.4 Réglementation Thermique 2005		13.2 Bureaux	
5.5 Choix de la Ville de Montpellier		14 - Annexes	
6 Notions d'éclairagisme		14.1 Annexe 1 – Liste des Normes et textes réglementaires relatifs à l'éclairage et à l'éclairagisme	
6.1 Importance de l'éclairage naturel		14.2 Annexe 2 – RT 2005	
6.2 Terminologie		« ANNEXE III de l'Arrêté Ministériel relatif au projet de décret RT 2005 et définitions »	
6.3 Température de couleur K et quantité de lumière		14.3 Annexe 3 – RT 2000 – Historique, mode de calcul et gardes fous	
6.4 Qualité du réseau d'alimentation		14.4 Annexe 4 – Eclairage extérieur des lieux de travail – NF EN 12-464	
6.5 Classification des luminaires		14.5 Annexe 5 – Performance énergétique des bâtiments NF-EN 15193-1	
6.6 L'éclairage artistique		14.6 Annexe 6 – Installations sportives et normalisation NF-EN 12193 et guide AFE de la norme d'éclairage des installations sportives	
6.7 Bureau d'étude / Architecte / Concepteur Lumière		14.7 Annexe 7 – La récupération et le recyclage de sources lumineuses	
7 Les sources lumineuses performantes			
7.1 Les tubes fluorescents			
7.2 Les lampes fluo-compactes			
7.3 Les autres sources lumineuses et usages			
7.4 Les LED			
8 La récupération et le recyclage de sources lumineuses ou Directive DEEE			
8.1 LOI n°2005-1720 du 30 décembre 2005			
8.2 Les lampes concernées			
8.3 Directive RoHS			
8.4 Schéma des flux de collectes			

1- BATIMENTS CONCERNES

Ce guide concerne tous les bâtiments qui nécessitent la mise en œuvre d'un éclairage général artificiel complémentaire à la lumière du jour, et qui abritent des activités visuelles ou « tâches visuelles ». Que ces activités soient d'ordre professionnel, éducatif, de loisirs ou liées à la sécurité ou la santé.

- Une mairie, une médiathèque, un centre administratif sont des lieux de travail, recevant du public. L'éclairage se doit d'accompagner les salariés comme les visiteurs dans le confort et la sécurité.

Une école est un lieu d'apprentissage, d'éveil, avec des salariés pour qui la lumière doit être garante du confort et de la sécurité de ses usagers.

La maison de santé ou de retraite communale et la salle omnisports sont également à la fois des lieux de vie, de travail et de particularité en terme de besoins visuels. L'éclairage doit s'adapter à ces particularités, tout en étant maîtrisé compte tenu de son coût non négligeable.

Les économies d'énergie concernent aussi le logement. Sur le territoire de la collectivité les ensembles collectifs et les logements de fonction doivent entrer dans l'effort de maîtrise et de réduction des consommations.

2- LE CONFORT

Définition :

“ Tout ce qui contribue au bien être, à la commodité de la vie matérielle. Absence d'éléments pénibles ou difficiles (*déf. du Petit Robert*) ”

Le confort est sensoriel et matériel. Sur son lieu de travail, il contribue à une meilleure performance et à un état physiologique positif.

Ce confort est multidimensionnel :

- Esthétisme (choix des matières et des couleurs)
- Ergonomie (pratique, adaptabilité)
- Thermique (température des locaux, uniformité, précision, diffusion)
- Visuel (lumière naturelle, artificielle, choix et restitution des couleurs, identification de l'environnement).

Son obtention s'articule autour de 4 grands axes :

- La qualité des productions
- La qualité des équipements et leur adaptation aux applications
- La gestion technique du bâtiment
- Les services associés

3.1 Du bon sens

La perception et l'acuité visuelle de chacun sont différentes et variable. Adapter l'éclairage des sites aux besoins et aux recommandations qui tiennent compte de ces différences.

L'éclairage artificiel ne se limite pas à une problématique de lampe, mais à un ensemble de données propices à la propagation de la lumière (luminaire, colorimétrie des parois, organisation des locaux, qualité des accessoires électriques ou électroniques et autres organes de commande et de pilotage)

Aménager l'espace :
Disposer les bureaux de façon à bénéficier au mieux de la lumière naturelle sur le plan de travail

Choisir les bonnes lampes :
Pour l'éclairage général, utiliser des lampes fluorescentes haut rendement

Choisir un luminaire adapté aux besoins :
Limiter l'éblouissement en évitant d'installer des luminaires dans le champ de vision direct
Privilégier des luminaires basse ou très basse luminance en présence d'écrans informatiques.

Séparer les circuits :
Brancher les luminaires coté fenêtres et ceux coté couloir sur deux circuits reliés à deux interrupteurs différents. Ce montage permet d'éclairer seulement le coté couloir si la luminosité y est insuffisante, le coté fenêtre bénéficiant de l'éclairage naturel.

Chasser les produits consommateurs :
Remplacer les lampadaires halogènes par des luminaires à lampes fluorescentes avec des ballasts électroniques, ces luminaires consomment 6 fois moins d'énergie et les tubes durent 6 à 7 fois plus longtemps que les halogènes. Souvent équipés de système de double allumage, ces lampadaires permettent de régler l'ambiance d'un local. Les modèles haut de gamme possèdent un système de gradation de lumière embarqué.

Maîtriser les consommations :
Maîtriser le temps de fonctionnement des installations en utilisant plus largement les détecteurs de présence, les cellules photoélectriques et autres automates de gestion.

3.2 ... et quelques principes

Optimiser les performances pour une consommation ajustée (les bonnes sources aux bons endroits)

Veiller à la sécurité électrique des installations.

Mettre en œuvre la bonne quantité de lumière quel que soit l'usage (bureaux / salles de classe / sports)

Obtenir une bonne uniformité de l'éclairage général

Veiller à ne pas nuire au confort et à la sécurité avec les éclairages décoratifs

Accentuer l'éclairage sur les tâches visuelles spécifiques qui demandent précision et/ou sécurité.

Faciliter l'exécution des tâches dans tous les lieux de travail et de circulation

3.3 Effets induits

1 - Le mauvais dimensionnement d'une installation ou des sources mal adaptées à l'activité peuvent générer des comportements vis à vis des autres usages thermiques du bâtiment (Sentiment d'ambiance froide, d'ambiance chaude, de sur-éclairage ou de sous-éclairage)

La production calorifique des appareils d'éclairage est à considérer avec les autres usages thermiques du bâtiment (chauffage / Climatisation / RT 2005).

Toutes les sources d'éclairage produisent chaleur et lumière. La proportion de chaleur produite est largement supérieure à celle de la lumière notamment en incandescence. Cette production de chaleur peut influencer sur les comportements humains et par conséquent sur le fonctionnement des autres usages du bâtiment (fenêtres ouvertes, chauffage et climatisations perturbés et non optimisés) L'usage de ce type de source doit être mis en œuvre en connaissance de causes, ceci quelle que soit sa nature (halogène – halogène dichroïque – basse tensions – très basse tension).

2 – De même, la maintenance - exploitation de l'installation doit être aussi rationnelle que possible et faire l'objet d'une gestion maîtrisée (durée de vie des lampes - qualité des luminaires et accessoires).

Bilan énergétiques de quelques lampes (d'après C. Meyer et H. Neinhuis)

	Conduction convection en %	Rayonnement UV – IR en %		Rayonnement lumineux en %
A incandescence 100 W	15		IR 75	10
Fluorescentes rectilignes	71,5	UV 0,5	(1)	28
Fluorescentes compactes	80	UV 0,5	(1)	19,5
Halogénures métalliques	50	UV 1,5	IR 24,5	24
Sodium haute Pression	44		IR 25	31

(1) dans le cas de lampes fluorescentes dont la surface développée est importante, on pourrait séparer le rayonnement infrarouge (long). Pour les lampes fluorescentes compactes cette distinction est inutile.

Double économie :

L'utilisation limitée des sources à incandescence (déco, accentuation) au profit de sources moins «énergivores» (fluorescence) contribue donc à la maîtrise des autres usages thermiques (chauffage, climatisation).

- En hiver : il est plus économique de chauffer un espace avec les moyens prévus et dimensionnés à cet effet plutôt qu'avec la chaleur dégagée par l'éclairage. Voir à l'extrême que l'addition des 2 pousse l'utilisateur à ouvrir immodérément les fenêtres.

- En été : La chaleur de l'éclairage peut contrarier le fonctionnement de la climatisation (augmentation de la demande)

3.4 Lumière et santé

"L'éclairage intérieur des lieux de travail ne peut être abandonné à l'empirisme, mais il doit au contraire s'inspirer de certains principes dont la valeur indicative contribue à assurer l'efficacité, la sécurité et le confort indispensables à toute activité professionnelle.

Les performances visuelles (visibilité des formes et des couleurs, l'appréciation des contrastes et du relief) sont, en effet, tributaires de la nature, de la disposition et de l'orientation des sources lumineuses. Le choix des niveaux d'éclairement est aussi essentiel pour satisfaire l'exécution précise et rapide des tâches visuelles, tout en évitant l'apparition de la fatigue oculaire, souvent liée à un éblouissement direct ou indirect.

L'adaptation judicieuse des contrastes entre la zone de travail et l'environnement, la connaissance des effets chromatiques des différentes sources lumineuses, sont aussi des facteurs non négligeables "

Docteur Georges PERDRIEL

Professeur Agrégé du Service de Santé des Armées

Lumière et comportement de l'homme au travail

Le bien-être et la performance du travailleur sont donc liées à l'homogénéité de la lumière et à l'éclairement moyen à maintenir du poste de travail.

Une bonne installation d'éclairage ne peut pas faire abstraction du bien-être humain. On sait aujourd'hui que le rythme biologique de l'homme est essentiellement synchronisé par la lumière pénétrant par les yeux.

Ainsi, la performance au travail est jugée bonne lorsque le salarié conserve une vigilance constante due à l'action du système nerveux sur la température centrale du corps.

L'acuité visuelle, la dextérité et la précision manuelle sont donc liées à l'absence de fatigues chroniques et de bien-être.

La lumière naturelle stimule normalement l'humain. A l'inverse, durant certains créneaux horaires, lorsque la lumière naturelle disparaît, il y a lieu de faire appel à un éclairage complémentaire. Ainsi une régulation biologique s'opère par le biais de cette compensation génératrice d'attention et d'activité.

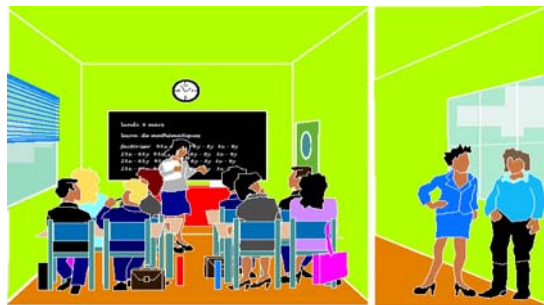
Dangers d'un éclairage inadapté

Plusieurs études ont montré les dangers d'un éclairage inadapté au travail. A savoir des pathologies liées à la fatigue, à des troubles cardio-vasculaires, à des ulcères, à un désir de repos.

En milieu scolaire la qualité de l'éclairage influe sur l'attention et la compréhension de l'enfant. En situation « d'apprendre » et en phase de développement de la vision, une mauvaise qualité d'éclairage conduit l'enfant à la fatigue et au désintéressement pour ce qui lui est enseigné.

4.1 Eclairage et performance énergétique des bâtiments - Les nouvelles donnes

Extrait de l'article de Bernard DUVAL (Secrétaire général AFE) pour le magazine LUX Mars – Avril 2006



A l'heure actuelle, le changement climatique avec ses obligations relevant du protocole de Kyoto et la forte dépendance communautaire des approvisionnements extérieurs, rend de plus en plus aigus les problèmes de consommations énergétiques au sein de l'Europe.

L'ensemble des bâtiments qui représente le tiers de la consommation énergétique de l'Union Européenne, constitue un gisement prioritaire de réduction de la consommation d'énergie au moyen d'une amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments. C'est l'objectif que poursuit la directive européenne 2002/91 sur la performance énergétique des bâtiments. Cette directive repose en particulier sur :

- une méthodologie commune et des normes minimales de la performance énergétique (en France, la réglementation thermique 2000 avec une révision 2005 en cours d'élaboration, constitue une forme d'exécution appropriée dans les bâtiments neufs)
- l'établissement d'un système de certification pour les bâtiments neufs et existants (type démarche HQE en France).

Il faut ajouter à ces mesures pour la France, la loi du 9 décembre 2004 – n° 1343 qui introduit le diagnostic de performances énergétique d'un bâtiment ; elle prescrit de définir la quantité d'énergie consommée ou estimée et une classification par rapport à des valeurs de référence pour une utilisation standardisée du bâtiment ; ce diagnostic est traduit sous forme d'un certificat que le vendeur de bien immobilier sera tenu de fournir à partir de juillet 2006.

L'éclairage qui représente plus de 10 % de la dépense globale d'électricité (et parfois plus de 30 % de la consommation dans les bâtiments tertiaires) trouve sa place dans les applications désignées par le législateur. Toutefois, cet usage peine à trouver une légitimité qu'on devrait lui accorder à l'aune des progrès réalisés sur les équipements de l'éclairage en terme de performances énergétiques (lampes à décharge de haute efficacité lumineuse, ballasts à faibles pertes) et la mise en œuvre de systèmes de gestion qui en contrôlent l'usage (détection de présence, dispositif à gradation incorporant l'apport de lumière naturelle et la dépréciation de l'éclairage).

Les obstacles à un développement d'un éclairage performant sont bien connus, ils relèvent :

- d'un manque de visibilité de l'éclairage dans sa phase de conception : maîtres d'ouvrage peu informés sur les bénéfices d'un éclairage performant, maîtrise d'œuvre peu présente en raison de budgets souvent mal malthusiens, bureaux d'études en manque de connaissance des normes d'éclairage, plus impliqués dans la thermique des bâtiments que dans la recherche de solutions d'éclairage à haute valeur ajoutée comme celles qui résultent de l'application des prescriptions de la réglementation thermique.
- de pratiques de marché telles que celles qui relèvent de l'absence de diagnostic des installations existantes et d'une recherche de solutions à bas prix qui laissent peu de place aux bénéfices qui résulteraient d'une analyse technico-économique des besoins et d'une étude de coût global des installations d'éclairage.

Dans le domaine des exigences en matière d'éco-conception applicables aux produits consommateurs d'énergie, la directive européenne EUP du 6 juillet 2005 fixe dans une de ses exigences, l'amélioration de l'efficacité énergétique des produits permettant de réduire de manière significative l'émission des gaz à effet de serre.

Pour réaliser ces exigences, cette directive met en place des normes d'exécution relatives aux exigences énergétiques et aux caractéristiques environnementales relatives aux produits ; en ce qui concerne l'éclairage, le CELMA [1] et ELC [2] sur le plan européen contribuent à l'établissement de mesures permettant de ne pas retenir les produits les plus énergivores dans le domaine de l'éclairage des bureaux et des voies publiques et dont l'application doit conduire à des solutions aux performances énergétiques optimales.

Dans le cadre de la nouvelle approche, l'ensemble de ces directives repose sur des exigences environnementales (énergie, éco conception, performances environnementales) dont la conformité est validée par un ensemble de normes. Pour l'éclairage des bâtiments, les exigences d'éclairage sont maintenant exprimées sous la forme d'un corpus de normes européennes qui couvrent la totalité des lieux de travail.

Ainsi, il est possible de construire les référentiels permettant de définir les opérations élémentaires qui résultent de l'application des prescriptions des directives européennes de performances énergétiques ; de plus, les acteurs du marché disposent maintenant de données incontestables pour concevoir et réaliser des installations d'éclairage optimisées sur le plan énergétique.

Un certain nombre de points démontrent que, par la prise en compte des besoins des usagers, des paramètres de dimensionnement du projet d'éclairage et des pratiques appropriées en phase de conception et d'exploitation des installations d'éclairage, on peut atteindre des performances énergétiques satisfaisantes.

-Lors de la phase d'élaboration du projet d'éclairage, bien définir les données du local peut générer un écart de 23 % en niveau d'éclairement entre un local clair (facteurs de réflexion plafond/mur/sol : 80/70/30 %) et sombre (70/30/10) pour un luminaire de classe photométrique C dans un local d'indice 1,25.

- Sur un site à faible empoussièrement, une installation où l'entretien est optimal avec un changement systématique des tubes fluorescents (facteur de maintenance M=0,80) permet de réduire de presque un tiers la puissance à installer par rapport à une installation sans programme de maintenance (facteur de maintenance M = 0,55) !

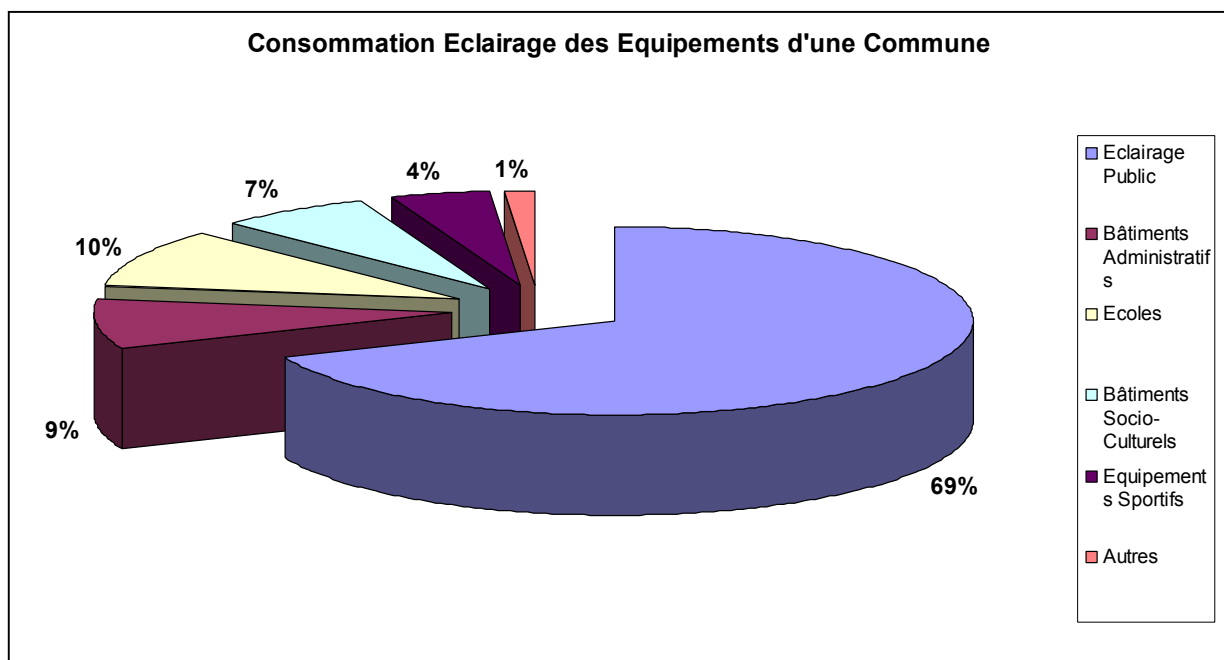
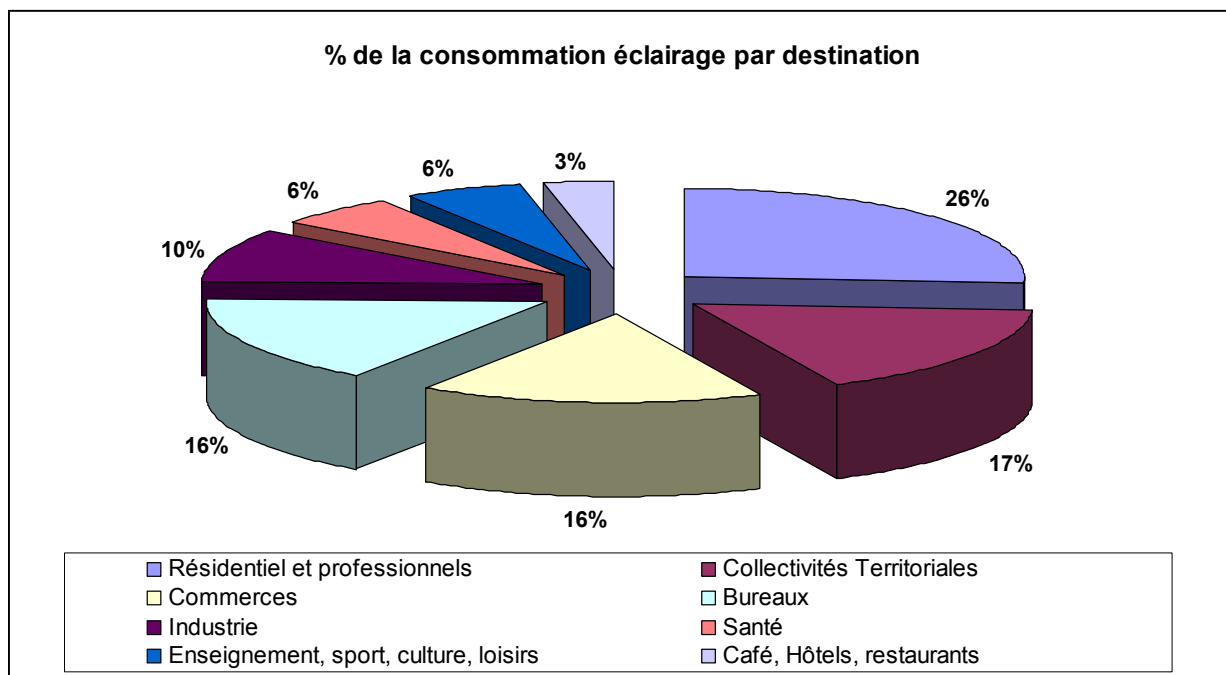
-Sur nos lieux de travail, nous disposons d'une ressource inépuisable d'éclairage : celle constituée par la fenêtre éclairée par la lumière naturelle. Pour une durée annuelle d'utilisation de locaux de travail accessibles à la lumière naturelle de 2 500 h, le CSTB a établi dans la réglementation thermique 2000 que l'utilisation de l'éclairage électrique à plein régime des bureaux, commerces, industries, etc. n'est nécessaire que sur une durée de 150 heures (soit 6 % de la durée totale d'utilisation des locaux) ; sur des sites bien exposés au soleil et un accès favorable à la lumière du jour où une gestion de la lumière naturelle se justifie pleinement, le fonctionnement d'une installation d'éclairage sans programmation s'apparente au gaspillage énergétique qui résulterait du fonctionnement d'une installation de chauffage en plein été !

- De même, dans les locaux d'activités intermittentes (zone de stockage, éclairage non fractionné en périodes d'entretien des locaux) ou d'usages limités (parking intérieur, circulation, toilettes, etc.), l'absence d'éclairage à allumage modulé, disposant d'une horloge ou de dispositif de détection de présence, entraînent un gaspillage d'énergie et des coûts excessifs d'entretien.

[1] CELMA – Federation of National Manufacturers Associations for Luminaires and Electrotechnical Components for Luminaires in the European Union

[2] ELC – Electric Lighting Council

4.2 Les consommations en éclairage



Part éclairage dans la consommation de quelques bâtiments publics.

	ECOLES	BATIMENTS SOCIO-CULTURELS	EQUIPEMENTS SPORTIFS	BUREAUX
Part de l'éclairage dans la consommation du bâtiment (toutes énergies)	7%	10%	11%	28%
Ratio consommation/surface (moyenne) kWh/m².an	10	14	16	40

4.3 Le projet de Sensibilisation de la Ville de ROCHEFORT

Expérience locale

Lancer un nouveau défi : la sensibilisation des usagers pour la Maîtrise de la Demande d'Electricité

Aujourd'hui notre économie d'énergie globale n'est que de 34% par rapport à 1983, car il y a une érosion de l'économie d'électricité. La commune a pu maintenir le niveau d'économies en chauffage. Quant à l'électricité, avec l'arrivée de l'informatique, les cuisines satellites et toujours plus d'appareils électriques, elle a augmenté de 40% depuis 1990, ce qui anéantit tous les efforts que nous avons réalisés auparavant sur cette énergie.

De plus le chauffage ne représente aujourd'hui que 27% du budget énergie de la Ville. En effet, les résultats se sont inversés en près de 20 ans, l'électricité et l'éclairage public occupent aujourd'hui 57% de la facture d'énergie. De plus la part de l'électricité ne cesse de croître tous les ans.

La sensibilisation des usagers n'est pas pratiquée en France comme elle l'est depuis de nombreuses années dans d'autres pays comme le Québec par exemple. Aussi devons nous essayer de développer une méthodologie qui corresponde à notre

mentalité. En effet, nous oublions ces appareils qui consomment de l'électricité 24h/24 même éteint parce qu'un transformateur caché reste sous tension. C'est le cas des chaînes hi-fi, des magnétoscopes, des télévisions en veille, des matériels informatiques, des armoires électriques, et autres éclairages basse tension. De même, nous n'éteignons pas les photocopieuses et les ordinateurs le soir en partant. Les éclairages de bureaux restent allumés en l'absence prolongée des occupants. Il existe une grande quantité de petits gaspillages qui peuvent être réduits par une sensibilisation efficace, et une participation de tous.

Bénéfices environnementaux :

Le gisement d'économies d'électricité au niveau national devrait permettre d'inverser la hausse constante de la consommation d'électricité et donc de réduire la quantité de centrales à remplacer.

Mode opératoire de la sensibilisation:

- Mise en place un comité de pilotage,
- Mandatement d'une société de communication pour l'animation du projet, après mise en concurrence,
- Opération « théâtrales » dans le but de sensibiliser le personnel communal,
- Création d'un logo de l'opération (programme TILT à Rochefort),
- Création d'un livret baptisé « éco-réflexes », d'un journal de suivi (« Watt'News ») et d'affiches pour chaque service de la Commune,
- Pose de stickers de rappel des bon gestes sur tous les interrupteurs et autres commandes d'appareils électriques.

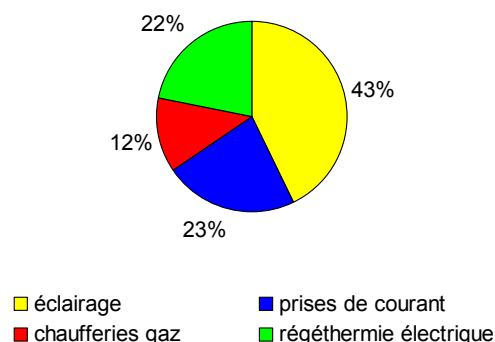
L'impact en terme de communication ou de changement de comportement :

L'impact est fort, il implique une attitude citoyenne consciente du devoir d'économiser l'argent du contribuable. Chaque usager ayant peur de voir réduire son confort, la campagne de communication devra en être soucieuse.

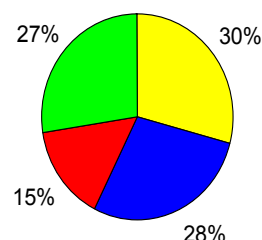
De plus il nous faut donner les moyens de réaliser des travaux à chaque proposition judicieuse des usagers.

André BASTIER, Ville de ROCHEFORT

avant les travaux d'économies d'électricité



après la pose de ballasts électroniques et d'une gestion d'éclairage



ROCHEFORT, Exemple de répartition de consommations de 8 groupes scolaires avant travaux d'économie d'énergie sur l'éclairage.



5.1 Différenciation des états l'éclairage

Les textes réglementaires ne font plus référence qu'à une seule notion référence :

Eclairement moyen à maintenir

Niveau subsistant juste avant les opérations d'entretien (nettoyage des luminaires avec ou sans remplacement des sources).

Toutefois dans des éditions antérieures à juin 2003, d'autres appellations peuvent être employées. Elles n'ont pas la même valeur que l'éclairement moyen à maintenir et se situent au dessus ou en dessous de celui-ci :

Eclairement moyen initial

C'est l'éclairement moyen d'une installation fixée conventionnellement comme neuve. Ce niveau est nécessaire pour obtenir après vieillissement, une certaine valeur en service.

Eclairement moyen en service

Valeur relative située entre le niveau moyen initial et le niveau moyen à maintenir.

Eclairement minimal à maintenir

Sa mesure est prise au milieu des obstacles et du personnel, sous des luminaires en l'état. Sa valeur ne doit pas être inférieure à celle fixée par les textes officiels.

5.2 Code du Travail (obligation réglementaire)

Depuis le 1er août 1985, l'éclairage des locaux de travail doit répondre aux prescriptions des **décrets du 2 août 1983** qui complètent le code du travail. Leur non-respect par les maîtres d'ouvrage et/ou les chefs d'entreprise donne lieu, en cas de contrôle, à de lourdes amendes avec obligation de se mettre en conformité sous 10 mois, sans préjuger d'un éventuel refus d'indemnisation des assurances en cas d'accident du travail.

Le décret n°83-721 intéresse particulièrement les chefs d'entreprise.

Le décret n°83-722 est destiné aux maîtres d'ouvrages qui entreprennent la construction ou l'aménagement de bâtiments destinés au commerce, l'agriculture ou l'industrie.

Niveau d'éclairement

Réglementation et normes	Code du Travail
	Eclairement minimum
Bureau (poste de travail)	200 lux
Autres locaux de travail	120 lux
Locaux aveugles à travail permanent	200 lux
Circulations horizontales	40 lux
Circulations verticales	60 lux
Entrepôts (occup. temporaire)	60 lux
Stockage (occup. permanente)	120 lux
Vestiaires - sanitaires	120 lux
Bureau de dessin	300 lux
Tâches imposant précision, contrôles fins, colorimétrie	400 à 600 lux

Si la norme fixe des **niveaux d'éclairement moyens à maintenir**, les niveaux d'éclairement considérés par le code du travail sont des **niveaux « minimaux »** à assurer au salarié, au sol ou sur son plan de travail. Ces niveaux doivent être respectés à tout moment et en tous points.

- Ils tiennent compte de la réduction de l'éclairement dans le temps (empoussièrement, vieillissement lumineux et parois, usure des sources, qualité de l'entretien, de l'encombrement du local).

- Le décret traite également des conditions d'éblouissement et du contrôle des luminances.

5.3 Norme et recommandations pour l'éclairage des lieux de travail

Afin d'éviter à une installation de franchir prématurément les seuls arrêtés par le code du travail en matière d'éclairement, le Comité Européen de Normalisation prescrit les exigences d'éclairage répondant aux besoins de performance et de confort visuel au travers de la norme européenne.

Contrairement au code du travail, la norme ne comporte pas d'exigence en rapport avec la santé des travailleurs au travail.

Pour ceux qui souhaitent aller plus loin, lire ci-après un extrait des propos de Bernard DUVAL, Délégué général AFE, pour la revue LUX 2004

Les prescriptions pour les installations d'éclairage des lieux de travail intérieurs (NFEN 12464-1 et ISO 8995/CIE 8008) et des lieux de travail extérieurs (projets de normes EN 12464-2 et CIE DS 015.2) répondent aux besoins de performance et de confort visuel. Ces normes spécifient la qualité et la quantité d'éclairage nécessaires pour que les tâches visuelles soient assurées avec précision sur les lieux de travail.

Les éclairements recommandés figurent dans les normes sous la forme de valeurs **à maintenir** ; l'appréciation du facteur de maintenance vient pondérer l'éclairage à la mise en service de l'installation. Le concepteur de l'installation doit choisir la valeur de ce facteur et prescrire, en conséquence, les équipements d'éclairage adaptés aux conditions de l'environnement qui prévalent sur le lieu de travail ; le plan de maintenance qui résulte de cette démarche définira le programme d'entretien que

devra appliquer le gestionnaire de l'installation : fréquence de remplacement des lampes et nettoyage des luminaires.

L'aspect énergétique est abordé sous l'angle de la prescription de la commande de l'éclairage des systèmes de contrôle et de la prise en compte de l'apport de la lumière du jour ; la norme précise que la gestion optimale de la consommation d'électricité ne doit pas compromettre les aspects visuels de l'installation et le confort des personnels. En éclairage intérieur, ces critères doivent être complétés par les exigences énergétiques de la réglementation thermique pour les bâtiments neufs et les prescriptions qui résultent de la directive européenne énergétique des bâtiments (certificats énergétiques à venir en 2005 et 2006).

Réglementation et normes	Norme EN 12 464-1		RT 2005
	Eclairement moyen à maintenir	IRC	Pecref
Bureau (poste de travail)	500 lux	80	12 W/m ²
Salle de réunion	500 lux	80	12 W/m ²
Salle de classe	500 lux	80	12 W/m ²
Chambre (établ. de santé)	100 lux	80	12 W/m ²
Circulation	100 lux	40	12 W/m ²
Stockage (occup. temporaire)	100 lux	60	10 W/m ²
Stockage (occup. permanente)	200 lux	60	10 W/m ²
Commerce : zone de vente	300 lux	80	3 W/m ² /100lux
Commerce : zone de caisse	500 lux	80	12 W/m ²
Gymnase	300 lux	80	10 W/m ²

Eclairage intérieur

Sur les lieux de travail, la norme NF EN 12464-1 définit un triplet d'exigences auquel doit satisfaire une installation d'éclairage pour que la tâche visuelle des personnels s'effectue dans de bonnes conditions. Trois critères formalisent la norme :

1 - Eclairement moyen à maintenir sur la surface de référence de la zone de travail qui prend en compte les aspects de confort visuel, de bien-être, les exigences de l'ergonomie visuelle, de la sécurité et de l'économie. La normalisation ne manque pas de préciser que l'éclairement moyen à maintenir doit être augmenté d'un facteur d'environ 1,5, cette valeur représentant la plus petite différence dans l'appréciation visuelle subjective de l'éclairement dans les conditions suivantes :

- ✓ Le travail est critique, les conditions de la tâche visuelle sont difficiles et les contrastes entre les objets sont plus faibles qu'habituellement,
- ✓ La recherche de la productivité est de la plus haute importance.

Pour ceux qui établissent des diagnostics d'installation sur des lieux de travail, il est intéressant de noter que, dans les sites occupés de façon continue, l'éclairement moyen à maintenir ne doit pas être inférieur à 200 lux.

2 · La limite de l'éblouissement d'inconfort est évaluée par la méthode de la CIE sous la forme de la valeur du taux d'éblouissement UGR.

3 · Une valeur minimale de l'indice de rendu des couleurs (IRC ou Ra) est requise ; la valeur de 80 est retenue dans les locaux où le travail se fait de manière continue.

5- REGLEMENTATION ET PRECONISATIONS

Le *tableau 1* donne les prescriptions définies sur quelques applications choisies parmi les 270 zones, tâches ou types d'activités décrits dans la NF EN 12464-1.

Zones, tâches, activités	Eclairage moyen à maintenir (lux) Valeur minimal	UGR – Valeur maximale	Indice de rendu des couleurs Ra Valeur minimale
Zone de circulation et couloirs	100	28	40
Escaliers, quai de chargement	150	25	40
Magasins, entrepôts	100	25	60
Magasins de vente, zone de vente	300	22	80
Zone de caisse	500	19	80
Espaces publics, halls d'entrée	100	22	80
Guichets	300	22	80
Restaurants, hôtels Réception, caisse, concierge	300	22	80
Cuisines	500	22	80
Bâtiments scolaires, salle de classe en primaire et secondaire	500	19	80
Salle de conférences	500	19	80
Salle de dessin industriel	750	16	80
Eclairage des bureaux : - classement - dactylographie, lecture - poste CAO - réception - archives	300 500 500 300 200	19 19 19 22 25	80 80 80 80 80

Tableau 1

En terme de fatigue visuelle, les contrastes forts doivent être évités. Anodins à priori, ils obligent l'utilisateur à un travail incessant de la pupille. Chez les personnes de plus de 40 ans pour lesquels cette vélocité oculaire est moins bonne, cette gymnastique répétée peut entraîner des troubles de santé.

Le tableau 2 donne des valeurs à ne pas dépasser.

Eclairage sur la tâche visuelle (lux)	Eclairage des zones environnantes (lux)
≥750	500
500	300
300	200
≤200	E
Uniformité : ≥0,7	Uniformité : ≥0,5

Tableau 2

La norme se préoccupe également du confort et de la sécurité du travail dans les zones situées en dehors des bâtiments, telles que des zones de manutention ou de circulation. Une telle zone sous-éclairée peut-être l'objet d'accidents de plein pied dans l'enceinte de l'entreprise. Voir détails et autres textes normatifs en annexe.

5.4 Réglementation Thermique 2005

Projet de Décret relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des constructions par Le Ministère de l'emploi, de la cohésion sociale et du logement

En Section IV l'Article. R. 111-20. - I. précise que :

les bâtiments nouveaux et parties nouvelles de bâtiments doivent être construits et aménagés de telle sorte qu'ils respectent des caractéristiques thermiques minimales et les conditions suivantes :

la consommation conventionnelle d'énergie d'un bâtiment pour le chauffage, la ventilation, la climatisation, la production d'eau chaude sanitaire et pour **l'éclairage des locaux**, est inférieure ou égale à la consommation conventionnelle d'énergie de référence de ce bâtiment et, pour certains types de bâtiments, à une consommation maximale ... définie par Arrêté du ministère de l'énergie, de la construction et de l'habitat.

L'Article suivant (**Art. R. 111-21.**) précise que les dispositions sont applicables aux constructions pour lesquelles une demande d'autorisation de construire ou une déclaration préalable a été déposée à compter du 1er septembre 2006.

Projet d'Arrêté relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments

TITRE I^{er} - DEFINITIONS

Art. 4. - La consommation conventionnelle d'énergie d'un bâtiment pour le chauffage, la ventilation, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire et, l'éclairage des locaux, s'exprime sous la forme d'un coefficient exprimé en kWh/m² d'énergie primaire, noté Cep. La surface prise en compte est égale à la surface de plancher hors oeuvre net au sens de l'article R-112-2 du Code de l'urbanisme.

Ces coefficients sont calculés annuellement en adoptant des données climatiques conventionnelles pour chaque zone climatique, selon les modalités de calcul définies dans la méthode de calcul Th-C-E approuvée par un arrêté du ministre chargé de la construction et de l'habitation. »

NDLR : A ce jour les données de calcul des coefficients de références ne sont pas connus. Le Ministère prévoit une parution du décret au cours de l'été 2006.

Art. 9. - Est considéré comme satisfaisant à la présente réglementation thermique tout bâtiment neuf pour lequel le maître d'ouvrage est en mesure de montrer que sont respectées simultanément les conditions suivantes :

1° Le coefficient Cep du bâtiment est inférieur ou égal au coefficient de référence de ce bâtiment, noté «Cepref»...

4° Les caractéristiques de l'isolation thermique des parois, des baies, des équipements de chauffage, de ventilation, d'eau chaude sanitaire, de refroidissement, **d'éclairage** et des protections solaires sont au moins égales aux caractéristiques thermiques minimales définies au titre III du dit arrêté.

TITRE II – Caractéristiques thermique de référence – Chapitre IX – Eclairage des locaux

Art. 31. - Le présent chapitre s'applique aux bâtiments visés à l'article R. 111-20 du code de l'habitation et de la construction à l'exclusion des bâtiments cités à l'article R. 111-1

Art. 32. - La puissance d'**éclairage** de référence, notée « Pecref », dépend de la destination de la zone ou du local. Elle est donnée dans les tableaux suivants en watt par mètre carré de surface utile des locaux ou en watt par mètre carré de surface utile pour 100 lux d'éclairement à maintenir.

Art. 33. - L'accès à **l'éclairage naturel** pris en référence est :

- effectif, au sens de la méthode de calcul Th-C-E, dans les parties du bâtiment ayant un accès effectif ou nul à **l'éclairage naturel** au sens de la méthode de calcul Th-C-E ;

- impossible au sens de la méthode de calcul Th-C-E, dans les parties du bâtiment n'ayant pas accès à **l'éclairage naturel**.

DESTINATION DE LA ZONE	Pecref
Commerces et bureaux Établissement sanitaire avec hébergement Hôtellerie et restauration Enseignement Établissement sanitaire sans hébergement Salles de spectacle, de conférence Industrie Locaux non mentionnés dans une autre catégorie	12 W/m ²
Établissement sportif Stockage Transport	10 W/m ²
Local demandant un éclairement à maintenir de plus de 600 lux	2.5 W/m ² pour 100 lux avec une limite supérieure de 25W/m ²

Art. 34. - La commande de référence de **l'éclairage** est assurée par des dispositifs à commande manuelle.



Projet d'Arrêté relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments

TITRE III – Caractéristiques thermique minimales

Chapitre VI – Eclairage des locaux

Art. 62. - Le présent chapitre s'applique aux bâtiments visés à l'article R. 111-20 du code de l'habitation et de la construction à l'exclusion de ceux cités à l'article R. 111-1.

Art. 63. - Tout local dans lequel le ou les occupants peuvent agir sur la commande de **l'éclairage** doit comporter au moins l'un des dispositifs suivants :

- un dispositif d'extinction à chaque issue du local ;
- un dispositif, éventuellement temporisé, procédant à l'extinction automatique de **l'éclairage** lorsque le local est vide ;
- une télécommande manuelle permettant l'extinction depuis chaque poste de travail.

Art. 64. - Tout local dont la commande de **l'éclairage** est du ressort de son personnel de gestion, même durant les périodes d'occupation, doit comporter un dispositif permettant allumage et extinction de **l'éclairage**. Si ce dispositif n'est pas situé dans le local considéré, il devra alors permettre de visualiser l'état de **l'éclairage** dans ce local depuis le lieu de commande.

Art. 65. - Dans les locaux ayant plusieurs usages requérant des niveaux **d'éclairement** très différents pour au moins deux usages tels que notamment les locaux sportifs et les salles polyvalentes, un dispositif devra réserver aux personnes autorisées la mise en marche de **l'éclairage** supérieur au niveau de base.

Art. 66. - Dans un même local, les points **éclairés** artificiellement, qui sont placés à moins de 5 m d'une baie, doivent être commandés séparément des autres points **d'éclairage** dès que la puissance totale installée dans chacune de ces positions est supérieure à 200 W.

Art. 67. - Lorsque **l'éclairage naturel** est suffisant, **l'éclairage artificiel** ne doit pas être mis en route automatiquement notamment par une horloge ou un dispositif de détection de présence.

Chapitre VIII - Suivi des consommations

Art. 76. - Si la **surface éclairée** dépasse 1 000 m², un ou des dispositifs doivent permettre de suivre les **consommations d'éclairage**.

5.5 Choix de la Ville de Montpellier

Expérience locale

Recommandations éclairage du service Energie

Afin de réduire la part des dépenses d'électricité des bâtiments communaux (61% des dépenses d'énergie en 2005), il est proposé ce tableau récapitulatif servant de base au maître d'œuvre, lors des projets neufs ou de rénovation.

Eclairement (E) : Les valeurs données sont des éclairements moyens à maintenir sur la zone de travail.

Désignation	éclairage (lux)	exemple de luminaires	système de commande
circulations	100	1x18W. (Hublots ou encastrés ronds)	boutons poussoirs sur minuteries (1 à 7 min)
escaliers	150		boutons poussoirs sur minuteries (15 à 60 min)
préau			simple allumage ou détecteurs de présence et de luminosité (sauf WC école primaire)
vestiaires, toilettes	200	3x14 W: format 600x600 (Haut Rendement >75%, Classe C ou B. Lampes T5 d=16 mm, Ballast électronique à cathodes chaudes)	double allumage ou détecteurs de présence et de luminosité
salles de classe	300		simple allumage ou détecteurs de présence et de luminosité
salles de jeux	300		
bureaux	300	solutions leds	double allumage ou détecteurs de présence et de luminosité
cantine, salle polyvalente	200		horloge à programme astronomique
extérieur	balisage, mise en valeur		coffret d'extinction général (si pas de détecteurs de présence)
sécurité		blocs de secours à leds	
général			

Au début était la lampe à incandescence. Celle que nous connaissons encore aujourd'hui, et à quelques améliorations près, la même que Thomas EDISON installait en 1875 sur l'avenue de l'Opéra à Paris.

Depuis d'autres techniques de production de lumière sont apparues, toujours plus performantes et produisant des lumières aux spectres colorimétriques différents. De l'outil primaire destiné à rompre l'obscurité, nous sommes passés au rapport physiologique avec l'éclairage.

Histoire, science, modernité, innovation et modification des modes de vie avec l'éclairage ont donné naissance à un vaste choix de lumières pouvant s'adapter à chaque particularité.

Les recommandations, normes et autres textes réglementaires en contractualisent les valeurs.

6.1 Importance de l'éclairage naturel

LA LUMIERE DU JOUR DANS LES ESPACES INTERIEURS

Extrait de la parution AFE

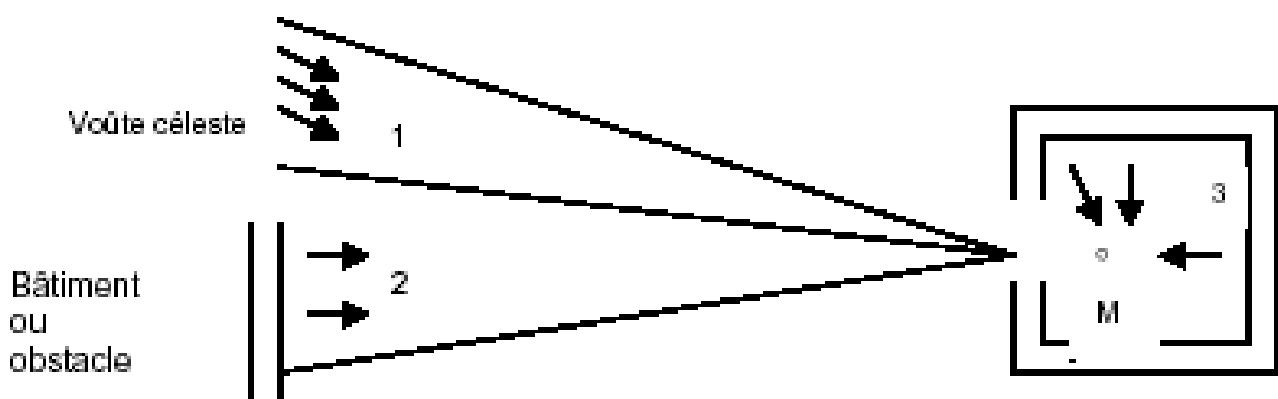
« L'éclairement existant en un point à l'intérieur d'un local à un instant donné est toujours une fraction plus ou moins grande de l'éclairement qui serait simultanément à l'extérieur, sous l'effet de la totalité de la voûte céleste.

La « **Commission Internationale de l'Eclairage** » a proposé de définir cette fraction appelée « facteur de lumière du jour » de la façon suivante :

- facteur de lumière de jour FJ

Rapport de l'éclairement naturel en un point d'un plan donné, dû à la lumière reçue directement ou indirectement d'un ciel dont la répartition des luminances est supposée ou connue, à l'éclairement sur un plan horizontal provenant sans obstruction d'un hémisphère de ce ciel. La lumière solaire directe est exclue de ces deux valeurs d'éclairement.

La C.I.E. en outre a recommandé de prendre en considération la subdivision du facteur de lumière du jour en trois composantes :



- 1 - composante directe
- 2 - composante des réflexions extérieures
- 3 - composante des réflexions intérieures

Ainsi le flux de lumière naturelle reçu en un point d'un local est la somme de ces trois composantes.

NATURE ET DISPONIBILITE DE LA LUMIERE DU JOUR

La disponibilité de la lumière du jour est liée à son origine solaire si par conséquent à la position du soleil et durant la journée, à certaines caractéristiques physiques de l'atmosphère et à la présence de nuages.



La lumière du jour provient, comme nous l'avons vu, de la voûte céleste, qu'elle soit couverte de nuages ou dégagée (ciel serein), et de la lumière solaire directe.

L'approche classique de la technique en éclairage par la lumière du jour consiste à faire les estimations à minima, c'est-à-dire en excluant les rayons solaires directs, on considère donc soit le ciel complètement couvert, soit le ciel serein compte non tenu des rayons solaires.

Par ailleurs, lorsqu'on exclut le rayonnement solaire direct, et si l'on admet que la voûte céleste possède à toute heure du jour la même distribution géométrique des luminances, le rapport entre l'éclairement en un point donné du local sur un plan donné, et l'éclairement sur un plan horizontal extérieur en site dégagé reste constant. Ce rapport a reçu le nom de « facteur de lumière du jour ».

L'évaluation de la disponibilité de la lumière du jour sur un plan horizontal extérieur permet donc par simple proportionnalité, de connaître les éclairagements intérieurs disponibles.

Il est en particulier intéressant de connaître les probabilités d'avoir, à une date et une heure données, les éclairagements extérieurs sur un plan horizontal supérieurs ou égaux à des valeurs fixées à l'avance par exemple 2 500 lux, 5 000 lux, 10 000 lux ».

Facteur de lumière du jour sur un plan horizon	en %	sous 1%	1...2%	2...4%	4...7%	7...12%	plus de 12%
		très faible	faible	modéré	moyen	élevé	très élevé
	zone intéressée	dans la zone éloignée des fenêtres, distance env. 3... 4 fois la hauteur de la fenêtre			à proximité des fenêtres ou sous des lanternaux		
Impression de clarté		Sombre à peu éclairé		peu éclairé à clair		Clair à très clair	
Impression visuelle du local		Cette zone...		...semble être séparée...		...de cette zone	
Ambiance		local semble être séparé de l'extérieur			local s'ouvre vers l'extérieur (local de travail)		

L'ECLAIRAGE NATUREL ET LE CODE DU TRAVAIL

Donner la priorité à la lumière naturelle

« Les locaux de travail doivent autant que possible disposer d'une lumière naturelle suffisante (Art. R. 232-7-1 alinéa 2 du code du travail).

La circulaire du 14 avril 1995 relative aux lieux de travail rappelle que l'exigence d'une lumière naturelle suffisante au poste de travail, entrée en vigueur le 1er janvier 1996, doit se limiter au domaine du possible, c'est-à-dire sans modification des locaux existants.

La lumière naturelle pourra ainsi être exigée toutes les fois qu'une amélioration de l'implantation des postes de travail aura lieu sans nécessiter de travaux d'aménagements du local.

Lorsqu'un nouvel aménagement est prévu, les principes développés dans la circulaire n° 90-11 du 28 juin 1990 sont applicables, à savoir :

- améliorer l'existant, ou, à tout le moins ne pas aggraver la situation existante,
- limiter le nombre des postes de travail fixes en zones aveugles,
- proposer, dans tous les cas, des mesures compensatoires (par exemple : qualité de l'installation d'éclairage, mise à disposition d'un local de repos avec vue sur l'extérieur....). »



DISPOSITIONS APPLICABLES AUX MAITRES D'OUVRAGE

« Utiliser la lumière naturelle pour les locaux affectés au travail :

Le maître d'ouvrage doit concevoir et disposer les bâtiments de manière à ce que la lumière naturelle puisse être utilisée pour l'éclairage des locaux destinés à être affectés au travail, sauf dans les cas où la nature technique des activités s'y oppose (Art. R. 235-2 du code du travail).

Cet article privilégie le recours à la lumière du jour parce que sa qualité est dans la plupart des cas bien meilleure que celle de la lumière artificielle, qui ne peut jouer qu'un rôle d'appoint, sans pour autant fournir à l'individu les repères qui rythment le déroulement d'une journée (C. du 28 juin 1990). »

« Installer à hauteur des yeux des baies transparentes donnant sur l'extérieur :

Le deuxième principe que le maître d'ouvrage doit appliquer est d'installer dans les locaux affectés au travail, à hauteur des yeux, des baies transparentes donnant sur l'extérieur, sauf en cas d'incompatibilité avec la nature des activités envisagées (Art. R. 235-2-1 du code du travail).

L'objectif principal ici n'est pas l'éclairage naturel des locaux, mais le contact avec l'extérieur. On a pu observer, en effet, que les cas d'angoisse et d'inconfort psychologique étaient plus nombreux chez les salariés exerçant leur activité dans des locaux aveugles, surtout lorsqu'il s'agissait d'un travail à poste fixe (C. du 28 juin 1990). »

« Absence de valeur minimale d'éclairement réglementaire pour l'éclairage naturel :

Si le code du travail n'a pas fixé de valeur minimale d'éclairement pour l'éclairage naturel, c'est parce que ce type d'éclairement ne dépend pas exclusivement des dispositions architecturales des locaux mais également des conditions extérieures de site, notamment dans le cas de l'éclairage latéral (C. du 11 avril 1984).

Cependant, la circulaire du 11 avril 1984 recommande d'assurer, chaque fois que ce sera possible, un niveau d'éclairement naturel par temps clair, supérieur aux valeurs minimales imposées par l'article R. 232-7-2. Elle recommande en outre une dimension minimale des baies vitrées pour assurer ce niveau d'éclairement naturel. »

DIMENSIONS DES BIAES TRANSPARENTES ET DE LA HAUTEUR D'ALLEGE

En ce qui concerne les baies transparentes, si le code n'a pas fixé de surface minimale, la circulaire du 11 avril 1984 recommande, pour les zones occupées par le personnel, que les surfaces vitrées représentent au moins le quart de la superficie de la plus grande paroi du local donnant sur l'extérieur, seules étant prises en considération les surfaces en-dessous de trois mètres de hauteur.

Par ailleurs, chaque fois qu'il n'y aura pas d'indication précise sur les postures de travail, la hauteur d'allège ne devrait pas dépasser un mètre.

La hauteur d'allège est la hauteur de la partie fixe et pleine comprise entre le sol et le vitrage.

DEVIATEURS DE LUMIERE NATURELLE EN FACADE

Guider la lumière naturelle

Dans la perspective d'une utilisation intensive de la lumière naturelle, les ouvertures ont pour fonction de faire parvenir la lumière naturelle dans les parties du bâtiment éloignées des façades, tout en limitant les risques d'éblouissement perturbateur ou gênant pour les occupants. Ce double objectif implique la mise en place de dispositifs déviateurs de lumière au niveau des ouvertures. La grande variété de systèmes développés à cet effet laisse une large marge de manœuvre à l'architecte.

Déviateurs montés en façade

Ces systèmes répartissent la lumière naturelle de façons sensiblement différentes dans les locaux attenants. Ces résultats sont rarement disponibles pour le concepteur. Ils sont toutefois indispensables au moment du choix d'un système tant pour des considérations techniques (dimensionnement et positionnement de l'éclairage artificiel, bilans énergétiques) que pour la justification des coûts qui dérivent de ce choix.

Energie : Faible profondeur des locaux

Aucune mesure de bâtiment analysé n'a permis d'atteindre un facteur lumière de jour supérieur à 2 % à 5 mètres de la façade.

Il est donc faux de croire que les solutions « performantes » permettent d'accroître la profondeur des locaux ; elles permettent tout au plus d'atteindre une autonomie en éclairage naturel pour une profondeur standard.

Seul un double éclairage, latéral et zénithal, permet d'améliorer les performances.

Eclairement de base à 300 Lux – éclairage d'appoint

Un potentiel certain d'économie électrique serait de baisser le niveau d'éclairement recommandé, par exemple de 500 à 300 Lux pour les bureaux, et de le compléter par un éclairage d'appoint individuel. La différence d'autonomie par rapport à l'éclairage naturel est de 25 %/an pour un FLI de 2 %.

Confort visuel : Réglage individuel d'un dispositif anti-éblouissement

Un dispositif de réglage de la lumière par un rideau intérieur est indispensable pour offrir un confort visuel suffisant ; cependant ce dispositif doit être entièrement rétractable pour assurer un éclairage adéquat par ciel couvert.

Disposition de l'ameublement

Les différentes situations analysées montrent que seule une bonne orientation du regard permet d'obtenir de bons résultats.

En cas d'ameublement fixe, l'architecture du local doit offrir l'emplacement optimum pour la place de travail.

Expérience locale

DES SHEDS POUR L'ECOLE PRIMAIRE DE POMEROLS (34)

La volonté de créer une ambiance intérieure confortable grâce à un éclairage naturel a guidé les choix d'implantation et de volumétrie.

Le décroché de la toiture au-dessus des classes et des circulations permet une prise de jour à l'arrière des salles de classe. L'éclairage naturel dans les locaux d'enseignement est ainsi favorisé au maximum, avec une double exposition : façade vitrée au sud et sheds au nord.

L'orientation des façades et la qualité de la lumière du jour :

La lumière du jour est variable en intensité, en répartition et en couleur. Pour assurer efficacité et confort visuels, la lumière extérieure doit être contrôlée :

- Vérifier la répartition et l'uniformité de la lumière,
- Doser la lumière. La luminance définit l'intensité lumineuse sur une surface et se mesure en candela par m². Une luminance trop élevée entraîne des éblouissements. De même des contrastes trop importants entre ciel et parois intérieures rendent les ambiances inconfortables.

L'orientation sud apporte un maximum d'éclairage naturel toute l'année. En hiver, elle permet en même temps de capter le rayonnement solaire pour chauffer passivement le bâtiment. En été, les façades doivent être impérativement protégées du rayonnement solaire (avancées de toiture, végétation à feuilles caduques...).

DES SHEDS POUR L'ECOLE PRIMAIRE DE POMEROLS (34)

La lumière du nord, composée d'un rayonnement solaire diffus, est moins efficace mais plus régulière sur l'année. Elle est aussi plus facile à traiter pour le confort d'été.

Cette orientation est recherchée pour les locaux tertiaires ou les activités artistiques par exemple. Ici la bibliothèque orientée en façade nord bénéficie d'un éclairage naturel homogène et dosé tout au long de l'année.

Par contre l'ensoleillement sur les façades ouest et en toiture augmente très fortement en demi-saison et en été avec un fort risque d'éblouissement et de très importants apports de chaleur, qu'il est très difficile de corriger. Les surfaces importantes de vitrages zénithal ou à l'ouest sont à proscrire.

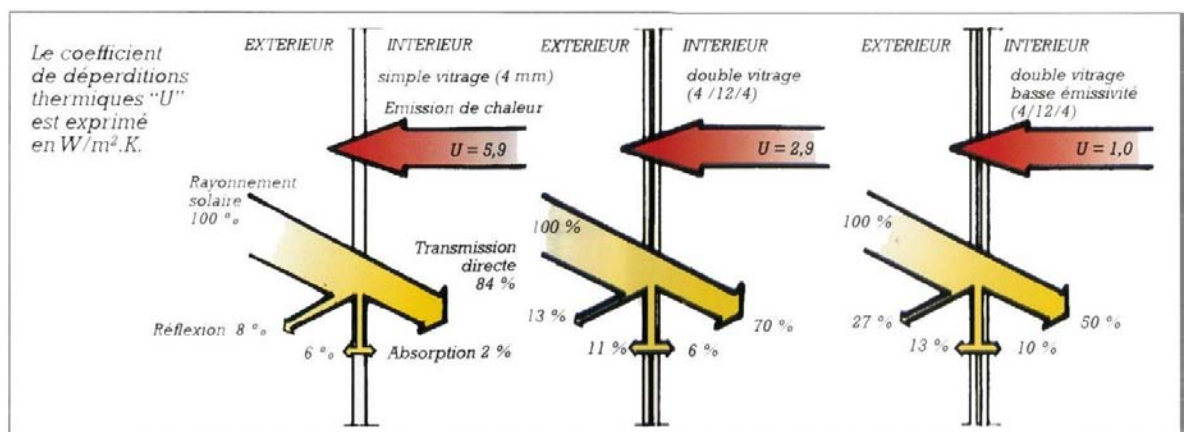
Un apport régulier de lumière naturelle grâce à des sheds au nord

Le shed se compose d'un pan de toit incliné opaque, orienté sud et d'une façade vitrée orientée nord.

Cette disposition permet d'éviter l'éblouissement et les apports calorifiques du rayonnement solaire direct, et permet en même temps de capter une lumière homogène et dépourvue de contrastes.

Ici l'espace informatique des salles de classes, situé sous les sheds, est confortable : pas de gêne visuelle, ni d'éblouissement sur les écrans.

L'orientation nord des vitrages du shed est désormais possible du fait de l'évolution des matériaux, notamment des vitrages basse-émissivité qui limitent les déperditions thermiques en hiver.



Attention, si les sheds sont orientés au sud, il est absolument nécessaire de les équiper de brise-soleil. Cette orientation n'est pas indiquée, car elle occasionne trop souvent des surchauffes ou des contrastes trop importants avec risque d'éblouissement.

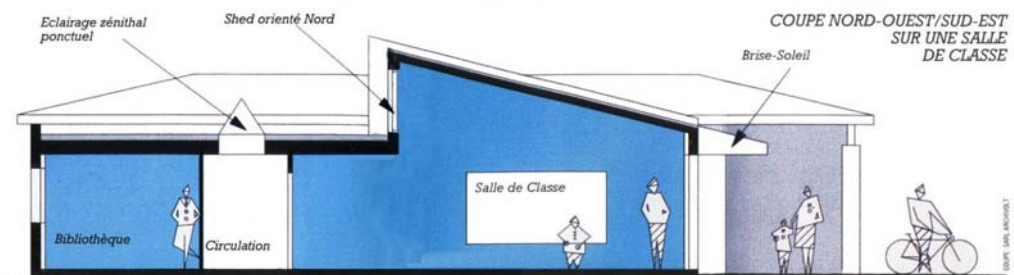
Elle est aussi plus difficile à gérer et nécessite l'utilisation de mécanismes de protections solaires orientables.

Des protections solaires sur les façades vitrées au sud

La luminance élevée en façade sud nécessite de prendre certaines précautions pour uniformiser l'éclairage et pour éviter les surchauffes dès la demi-saison.

Ici les salles de classes sont largement vitrées au sud. Des protections solaires sont indispensables. Les brise-soleil mis en œuvre sur cette façade se sont avérés insuffisants, ce qui a occasionné surchauffes et éblouissements.

Une protection, un film solaire thermique, a été rajoutée par l'extérieur sur le vitrage et des stores intérieurs ont été installés.



6.2 Terminologie

Flux lumineux (exprimé en lumen : lm) :

Quantité de lumière produite par une lampe (ou source).

Efficacité lumineuse (exprimée en lumen par watt : lm/W) :

Rapport du flux lumineux d'une source sur la puissance électrique absorbée par celle-ci. Plus l'efficacité lumineuse est grande, moins la lampe est consommatrice d'électricité (exprimé en lumen par Watt, lm/W en abrégé).

-Intensité lumineuse (exprimée en candéla : cd):

densité de flux lumineux projeté dans une direction donnée. Elle résulte du flux lumineux de la lampe et de l'angle de rayonnement (en Candela, cd en abrégé).

-Température de couleur (exprimée en Kelvin : K) :

Caractérise la couleur apparente de la lumière émise par une source lumineuse.

La température de couleur est basse pour les lumières chaudes (> 3000K abondantes en rouge) et élevée pour les lumières froides (< 5000 K abondantes en bleu).

$T_c < 3300$: teinte chaude ; $3300 < T_c < 5300$: teinte neutre ; $T_c > 5300$: teinte froide.

-Rendu des couleurs (IRC ou Ra (Glare rating) :

Le rendu des couleurs est indiqué par un indice qui caractérise l'aptitude d'une lumière à ne pas déformer l'aspect coloré de l'objet qu'elle éclaire. Ceci par rapport à une source idéale de rayonnement : Le corps noir.

Cet indice varie de 0 à 100, mais en pratique, la valeur de l'indice s'échelonne de 0 à 100.

$IRC < 60$: mauvais ; $60 < IRC < 85$: correct ; $IRC > 85$ bon ; 100 excellent.

Éclairement (exprimé en lux : lx) :

quantité de lumière atteignant une surface.

Luminance (exprimé en candéla par mètre carré : cd.m²) :

Intensité lumineuse produite ou réfléchie par une surface donnée. Elle permet d'apprécier l'éblouissement.

Appareil ou luminaire :

ensemble optique, électrique et mécanique recevant les lampes et accessoires électriques ou électroniques nécessaires à leur fonctionnement.

Uniformité d'éclairement : rapport entre l'éclairement minimum et l'éclairement moyen. Le plus souvent, une uniformité est jugée satisfaisante au delà de 0,7 (éclairage intérieur) .

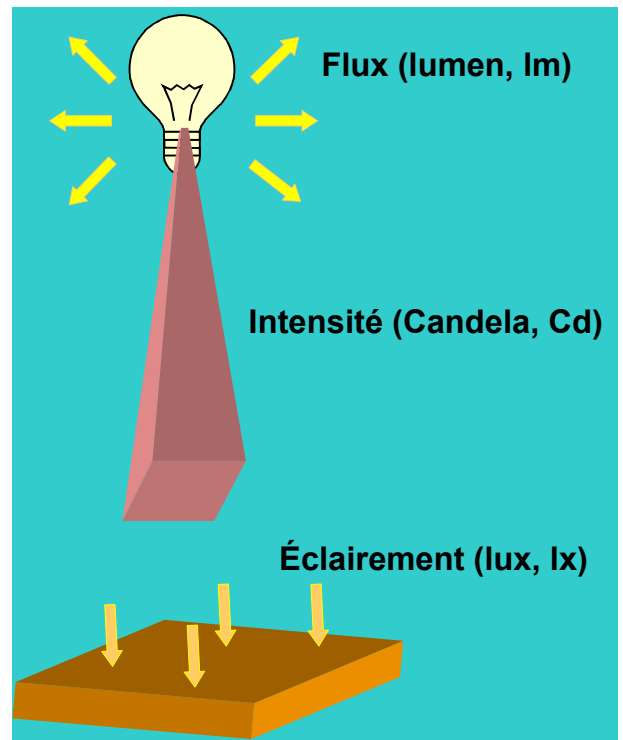
Eblouissement :

conditions de vision dans lesquelles on éprouve une gêne ou une réduction de l'aptitude visuelle. On distingue l'éblouissement d'inconfort et l'éblouissement d'incapacité.

Contraste :

Les recommandations fixent des rapports de contrastes entre la surface de référence (plan de travail) et l'environnement direct de la tâche visuelle.

L'écart de perception lumineuse (luminance) entre les deux zones ne doit pas excéder certaines valeurs, au risque de générer une fatigue visuelle. La pupille étant constamment sollicitée.

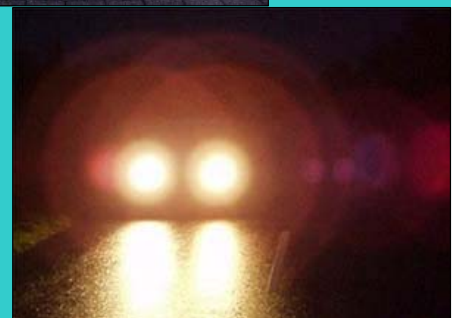


Luminance : mesure **objective** d'un phénomène **subjectif**



Des feux de véhicules ne sont pas éblouissants le jour...

... mais peuvent l'être la nuit. Ils ont pourtant la même luminance !

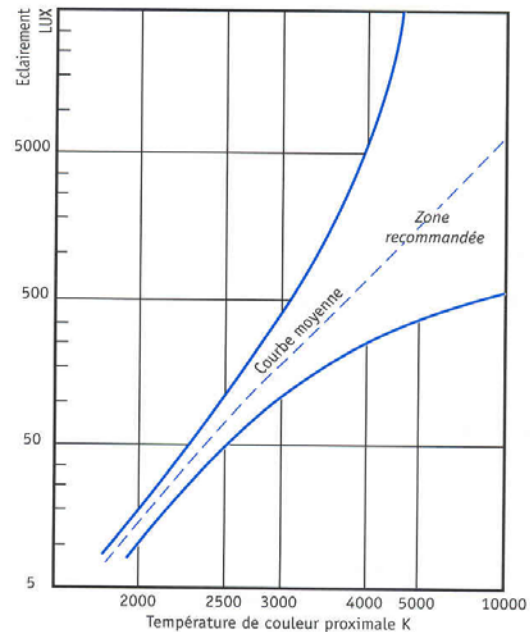


6.3 Température de couleur K et quantité de lumière

La Norme EN 12-464 fixe des usages en termes de restitution des couleurs en fonction des activités sous une certaine quantité de lumière. En revanche, elle n'évoque pas de valeurs relatives à la température de couleur, celles-ci entrant dans la composante subjective des ambiances.

La règle de Krüithof établie une courbe de correspondance entre des températures de couleur jugées « agréables » en fonction du niveau d'éclairage nécessaire à la tâche visuelle.

Plus simplement ; un niveau d'éclairage bas est plus agréable sous une lumière chaude ; Plus ce niveau est élevé, plus il sera possible et agréable d'y mettre en œuvre des températures de couleurs froides.



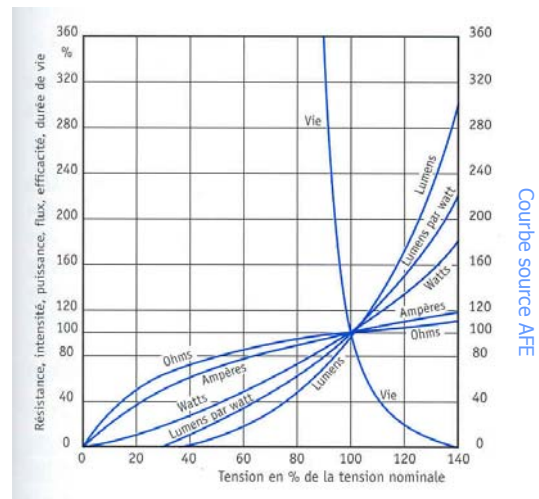
Courbe source AFE

6.4 Qualité du réseau d'alimentation

La durée de vie des sources est soumise aux variations électriques de l'installation.

Comme on le voit sur la fig ci-contre, la hausse de ces dernières contribue à la dégradation rapide des sources.

La cause de mortalité excessive sur une partie d'une installation peut-être à rechercher dans l'alimentation elle-même ou dans les accessoires.



Courbe source AFE

6.5 Classification des luminaires

Conformément à la norme NF S 40.001, la répartition photométrique d'un luminaire est caractérisée par les flux partiels qu'il envoie dans certaines régions de l'espace. La connaissance de ces flux permet de classer les luminaires.

La norme NF C 71-121 (mai 1993) définit ce classement selon 11 familles, du plus intensif au plus extensif. Chaque famille étant identifiée par une lettre de l'alphabet (« A » à « J » pour les luminaires à éclairage direct et « T » pour les luminaires à éclairage indirect).

Les luminaires ayant une double répartition, direct et indirect se voient donc attribuer une double classe X + T.

Données photométriques normalisées NF EN 13032-2

Le marquage exposé en 8-5 reste d'actualité dans les catalogues des fabricants. Mais cependant la norme NF EN 13032-2 devrait petit à petit supplanter la NF C 71 121.

Elle précise les données requises pour les lampes et luminaires utilisés pour l'éclairage des lieux de travail intérieurs et extérieurs. Elle s'adresse aux concepteurs d'installations pour répondre aux exigences de la Norme NF-EN 12-464 1 & 2, et renseigne sur les notions de rendements normalisés du luminaire, de facteur de dépréciation et de survivance, ainsi que sur la classe d'efficacité énergétique de la lampe (directive 98/11/CE) :

- LOR : rendement total du luminaire
- DLOR : rendement inférieur du luminaire
- ULOR : rendement supérieur du luminaire



Marquage des caractéristiques photométriques des luminaires : XX A à J + YY T

Ex : 0,65 B signifie que le rendement (flux sortant du luminaire divisé par flux lampe) est égal à 65% et la classe photométrique est B.

Rappel : La classe des luminaires va de A à J ; plus la lettre s'éloigne de A, plus le faisceau est extensif.

La valeur T est utilisée en cas de flux émis vers le haut. Ex : 0,41 C + 0,27 T

	Type	Classe photo- métrique
Bureau	Luminaire fonctionnel (plafonnier, suspension) pour tube fluorescent ; Optique (très) basse luminance	A, B, T
Salle de réunion	Luminaire fonctionnel (plafonnier, suspension) pour tube fluorescent ; Optique (très) basse luminance Luminaire architectural (encastré)	A, B ou autre
Salle d'enseigne- ment	Luminaire fonctionnel pour tube fluorescent (plafonnier, suspension) ; Optique (très) basse luminance Luminaire fonctionnel pour lampe à décharge (si hauteur > 6m) Eclairage du tableau : luminaire asymétrique	A, B, C
Gymnase	Rail d'éclairage pour tubes fluorescents, protégé contre les chocs par une grille Projecteur pour lampe à décharge (si h > 6m) protégé contre les chocs par une grille	D et plus
Chambre de malade	Luminaire fonctionnel (plafonnier, suspension) pour tube fluorescent Luminaire d'appoint pour lecture et soins (intégré à gaine technique)	C
Commerce	Luminaire fonctionnel ou système de rail pour tubes fluorescents Luminaire architectural (encastré, spot)	Tous possibles
Stockage	Luminaire fonctionnel ou système de rail pour tubes fluorescents Luminaire fonctionnel pour lampe à décharge (si hauteur > 6m)	D
Circulation	Luminaire fonctionnel pour tubes fluorescents (plafonnier) Luminaire architectural (encastré)	C ou D

6.6 L'éclairage artistique

Décoratif

Destiné à mettre en valeur des détails architecturaux ou mobiliers en créant une certaine convivialité, l'éclairage décoratif contribue également la « scénographie » des espaces, à leur lecture.

Il trouve sa place dans quasiment tous les bâtiments. Et pour les plus fonctionnels d'entre eux, dans les zones dédiées à l'accueil.

Les appareils destinés à cet usage n'impactent pas la réglementation thermique des bâtiments. Ils sont pourtant souvent équipés de sources halogènes dont la consommation et la durée de fonctionnement sont importants. En revanche c'est souvent leur faible nombre sur un site qui les rend négligeables.

L'importance de l'éclairage décoratif réside également dans l'image du lieu qu'il valorise. La faible durée de vie des sources conduit à une maintenance fréquente, d'autant plus impérative que la moindre source éteinte se voit ostensiblement plus qu'un tube fluorescent éteint dans un 4 x18W de bureau.

On s'aperçoit à ce moment là de l'importance contradictoire de la scénographie lumière des sites. Une installation secondaire pour une ambiance majeure.

Dans les projets neufs, il peut-être donc être intéressant d'être rigoureux dans le choix des produits qui servent cette scénographie.

Des lampes fluorescentes en 2700 Kelvin (compactes ou tubulaires) ou bien des sources aux iodures céramiques compactes dans des luminaires de type projecteur ou linéaire architectural décoratif peuvent apporter une réponse en terme de consommation et de durée de vie. Ceci tout en restituant tantôt la chaleur relative des lampes à incandescence halogène, tantôt l'attaque ponctuelle et froide d'un projecteur.

L'attention portée à ce choix peut aussi répondre à l'accessibilité difficile de certains produits pour leur maintenance. Poussée à l'extrême, il peut-être pratique de s'orienter vers des sources à induction ou bien les Leds.

Eclairage scénique

L'éclairage scénique des « **salles des fêtes** » disposant d'une scène pour le spectacle vivant doit être limité à un minimum de base :

Soit un grill supportant quelques projecteurs incandescents (Par 56 ou 64 nécessaires à un plein feu trichromatique) et une petite régie son –lumière (si possible à l'opposé de la scène) répondront largement à la fête de fin d'année des écoles.

Mais il est inutile de vouloir aller au-delà. Aucune installation ne saurait répondre à tous les besoins du spectacle professionnel itinérant. Celui-ci nécessite des matériels spécifiques à la scénographie d'une part, et entraîne presque toujours la modification de l'installation existante d'autre part. Peu d'espoir ensuite de voir le dispositif d'origine remis en place après le départ de la troupe sans une étroite surveillance.

S'il est donc un poste à pourvoir sérieusement ce n'est donc pas celui de la lumière scénique, mais bien de son alimentation sur scène et à proximité ou bien en régie (Armoires et circuits de puissance).

Ceci permet d'éviter les pannes de courant, les bricolages hâtifs, les prises de risque par les usagers et la dégradation des tableaux à la fin d'une saison.

S'il s'agit d'une vraie **salle de spectacle**, et selon sa fréquentation et le prestige des artistes qu'elle reçoit. Il faudra la doter d'une installation de base dont la liste son et lumière ne peut-être exhaustive ici. Un matériel conséquent à entretenir et à gérer par des techniciens avertis.

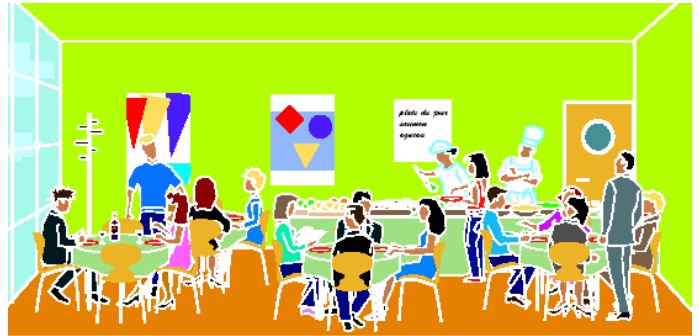
Grills, ponts, régies, Par incandescents, lentilles convexes, concaves, poursuites et autres « télescan » font partie du parc.

Tous ces matériels d'éclairage sont "énergivores" car pour 95% d'entre eux équipés de sources à incandescence. Ceci pour une raison simple : la variation de lumière et l'allumage instantané.

Se côtoient dans ce large éventail de matériels, la « gamelle » de base et la lyre dernier cri, adressée et pilotée. De plus en plus ces automates de la lumière sont employés sur les plateaux car ils offrent, une fois programmés des changements d'ambiances rapide et mobiles. Certains sont équipés en iodures métalliques et d'autres en incandescence.

Le choix du maître d'ouvrage de mettre à disposition tous les matériels possibles aux artistes et techniciens de passage, n'affranchi pas de manquer de la dernière technologie parue ni de voir l'installation remaniée à chaque spectacle.

6.7 Bureau d'étude / Architecte / Concepteur Lumière



Etat des lieux :

Il existe peu de bureaux d'étude d'éclairage intérieur à proprement parlé.

Les architectes d'intérieur intègrent le poste éclairage avec une double préoccupation :

Esthétisme des luminaires et leur intégration dans le site ; ambiance lumineuse.

Les concepteurs lumière, davantage associés à l'art lumière sur le patrimoine bâti, disposent pour la plupart des outils et des compétences pour la prescription et le dimensionnement des installations de type tertiaire. Ils sont peu employés sur les projets pour plusieurs raisons :

Ils représentent une rémunération supplémentaire de prestation intellectuelle sur le projet

La profession est encore jeune et leurs prestations mal identifiées : Artistes ou techniciens ?

La tarification de leurs honoraires est floue

Vers un nouveau métier : Eclairagiste

Seul le Maître d'ouvrage (ou ses prestataires qualifiés MOA - MOE) peut permettre d'apporter de la qualité aux projets :

- D'une part en établissant des cahiers des charges précis qui imposent la maîtrise des installations (Norme / RT / activités des locaux, etc... coûts évités / coûts reportés)

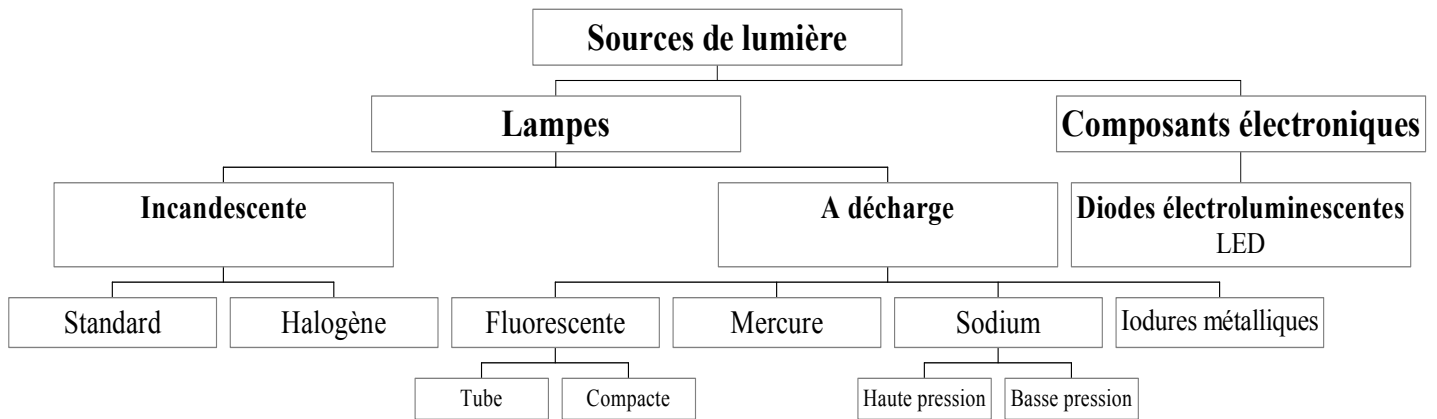
- D'autre part en respectant les règles de l'art, la qualité des produits, les besoins en éclairage par rapport à l'activité et la mise en œuvre.

- Enfin en s'équipant d'un luxmètre pour le contrôle de données sur sites.

Cette compétence interne peut s'acquérir au travers de formations adaptées et par la connaissance de l'évolution des produits (veille technologique).

7- LES SOURCES LUMINEUSES PERFORMANTES

Classification générale :

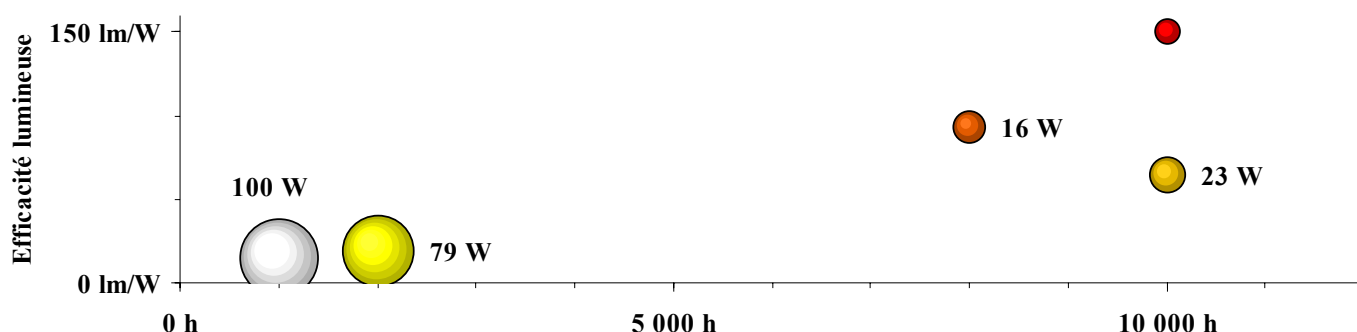


Famille	Type	Gamme de puissance	Efficacité lumineuse (lm/w)	Gamme de température de couleur	Gamme d'IRC (Ra)	Durée de vie	Appareillage sans / standard / électronique			Usages	Points forts	Points faibles
Incandescence (filament)	Standard	40 à 400	11 à 19	2700	100	1000	X			Ecl. décoratif Ecl. d'accentuation Sanitaires	emploi facile (pas d'auxiliaire d'alimentation) -	pas économique
	Halogène 230V	50 à 2000	13 à 20	2900 à 3000	100	2000	X			Ecl. décoratif Ecl. d'accentuation Sanitaires	Halogène en 230 V : pas besoin de transformateur, on travaille en direct	Elles génèrent une température élevée
	Halogène 12 V dichroïque ou non	15 à 150	15 à 25	3000	100	2000 à 4000		X	X	Ecl. décoratif Ecl. d'accentuation Sanitaires	efficacité lumineuse, durée de vie, petites dimensions, bon IRC	120 V : transformateur nécessaire et utilisation de douilles spéciales
Fluorescente (décharge)	Tube diamètre 16 mm (ou T5)	14 à 80	96 à 104	2700 à 6500	85 à 98	16000			X	Ecl. général	Tubes à diamètre 16 : nouvelle génération - A puissance égale, les lampes fluorescentes produisent 5 à 6 fois plus de flux lumineux que les lampes à incandescentes - Faible énergie consommée, auto régulation, variation de puissance	
	Tube diamètre 26 mm (ou T8)	18 à 58	64 à 103	2700 à 6500	50 à 98	8000 à 16000		X	X	Ecl. général		
	Tube diamètre 38 mm (ou T12)	20 à 65	60 à 72	4100	60	8000 à 10000		X		Ecl. général		
	Induction	55 à 85	70	2700 à 4000	85	60000			X	Ecl. de grande hauteur	adaptées à des hauteurs importantes - fiabilité importante et maintenance inexistante : durée de vie de 60000 heures	
	Fluocompacte d'intégration	5 à 55	50 à 87	2700 à 5000	85	10000 à 12000		X	X	Ecl. général Ecl. architectural	Plus esthétiques que les tubes - économiques - large gamme de puissance	La qualité des poudres et des composants électroniques contribuent à la fiabilité
	Fluocompacte de substitution	5 à 27	44 à 87	2700 à 4000	85	10000 à 12000			X	Ecl. général Ecl. architectural		
Lampe à décharge haute pression	Sodium haute pression	70 à 1000	47 à 150	2000	20 à 80	6000 à 12000		X	X	Ecl. de grande hauteur et décoratif en sodium balnc	Si l'on omet le sodium basse pression à la lumière orange, c'est la lampe la plus efficace déclinée dans toutes les puissances utiles	IRC pauvre à 20
	Ballon fluorescent	50 à 1000	32 à 60	3300 à 4300	33 à 60	8000 à 12000		X	X	Ecl. de grande hauteur	En a de moins en moins avec l'apparition des sodium, puis des iodures à	lumen/watt non concurrentiel
	Iodures métalliques	35 à 400	54 à 95	3000 à 6100	80 à 97	6000 à 15000	X	X		Ecl. d'accentuation et général intérieur avec les lampes compactes	qualité de la lumière	
	(à brûleur quartz ou brûleur céramique)									Ecl. de grande hauteur		

7- LES SOURCES LUMINEUSES PERFORMANTES

	INCANDESCENCE		DECHARGE		NATUREL
	Standard	Halogène	Fluocompacte	Haut rendement	Rayonnement naturel diffus
Efficacité lumineuse	10 à 15 lm/W	16 à 19 lm/W	44 à 65 lm/W	80 à 93 lm/W	100 à 150 lm/W
Puissance	40 à 200 W	100 à 1000 W	5 à 25 W	14 à 58 W	
Durée de vie	1 000 h	2 000 h	10 000 h	8 000 h	3 à 4 Mds d'années

○ Standard ● Halogène ● Fluocompacte ● Haut rendement ● Rayonnement naturel diffus



9.1 Les tubes fluorescents

Le fonctionnement des tubes fluorescents nécessite des équipements d'alimentation (ballasts, starters, amorces...) disposés dans le luminaire. Ces équipements ont une consommation propre.

Les tubes fluorescents peuvent être utilisés sur deux types de ballast : les ballasts ferromagnétiques et les ballasts électroniques (excepté les tubes T5 qui ne fonctionnent que sur ballast électronique).

Dans le cas de nouvelles installations, il faut préférer l'achat de luminaires avec ballasts électroniques car ceux-ci présentent d'un certain nombre d'avantages :

- Leurs performances permettent d'économiser environ 25 % d'énergie par rapports aux ballasts ferromagnétiques classiques.
- Ils permettent aux lampes d'émettre plus de lumière. Ainsi, pour un éclairage égal, il pourra être envisagé d'installer moins de luminaires.
- Ils prolongent de 50 % la durée de vie des lampes : les changements de lampes sont donc moins fréquents.
- Ils peuvent être contrôlables par ordinateur et peuvent ainsi être gérés et commandés à distance via, par exemple, un système de GTC.
- Contrairement aux ballasts ferromagnétiques, ils fonctionnent en hautes fréquences, il n'y a donc plus d'inconfort lié au tremblement de la lumière.

Types de luminaires concernés :

Les tubes fluorescents, avec ballasts électroniques, en éclairage direct, indirect ou mixte existent en plafonniers, suspensions, appliques et **lampadaires sur pied**. Il serait donc préférable de choisir ce type de matériel plutôt que des lampadaires halogènes, qui consomment 6 fois plus d'énergie. A quantité et qualité de lumière égales, la durée de vie des tubes fluorescents est 6 à 7 fois supérieure que les halogènes.

Mise en garde :

Le remplacement des ballasts ferromagnétiques par des ballasts électroniques sans changer de luminaire est déconseillé. Ceci en raison du coût de main d'œuvre que représente ce changement de ballasts et parce que le luminaire re-équipé pourrait ne pas satisfaire aux exigences légales de compatibilité électromagnétique.

9.2 Les lampes fluo-compactes

Les lampes fluo-compactes, ou lampes à économies d'énergie consomment, à qualité d'éclairage égale par rapport à l'incandescence, beaucoup moins, et durent beaucoup plus longtemps. Elles se posent donc comme alternative à l'éclairage classique à incandescence.

On les trouve sous différentes appellations :

- FC : fluo-compacte
- Lampe basse-consommation
- Lampe économie d'énergie

Avantages des lampes fluo-compactes :

Comparaison avec une lampe incandescente standard :

- Efficacité lumineuse jusqu'à 5 fois supérieure par rapport à celle des lampes à incandescence
- Consomment 4 à 5 fois moins
- Durent 10 à 12 fois plus longtemps
- Allumage quasi instantané, aucun vrombissement ni papillotement
- 80 % de dégagement de chaleur en moins par rapport aux lampes à incandescence.
- Température de couleur (disponibles en 2700 et 3000 K) et un indice de rendu des couleurs élevé permettant de retrouver des ambiances lumineuses chaudes propres à l'incandescence et une bonne capacité à restituer les couleurs des personnes et des objets éclairés.
- Elles sont équipées d'un ballast électronique intégré. Ceci permet de réaliser des économies supplémentaires de 20 % et d'allonger la durée de vie de la lampe.

La gamme offre des lampes à usage ou conditions particulières telles que :

- fonctionnement en courant continu
- milieu basse température (-15°C sans baisse du flux lumineux).
- détecteur de présence intégré

Tableau x :
Equivalence de puissance lampes à incandescence ⇔ lampes fluorescentes compactes :

Lampes à incandescence W	Lampes à économie d'énergie W
25	5
40	7
2 X 25	9
60	11
75	15
100	20
2 X 60	23

Les lampes fluo-compactes en éclairage de substitution

Les lampes de substitution disposent de culots à vis ou à baïonnette leur permettant de se substituer aux lampes à incandescence. Ces lampes possèdent des ballasts incorporés et grâce à leurs culots standards (E14 ; E27 et B22), elles peuvent être utilisées pour les luminaires qui utilisaient auparavant l'incandescence.

La présence du ballast intégré rend la lampe de substitution plus encombrante. Pour y remédier les fabricants oeuvrent pour la miniaturisation.

Culots	E14 ; E27 ; B22
Puissance (W)	3 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 11 ; 12 ; 13 ; 14 ; 15 ; 16 ; 17 ; 18 ; 19 ; 20 ; 21 ; 23
Flux lumineux (lm)	100 à 1800
Efficacité lumineuse (lm/W)	33 à 64
Indice de Rendu des Couleurs	85
Température de couleur (K)	2700, 4000 et 6500
Durée de vie	10000 à 16000 heures
Température de fonctionnement	Entre -15°C et +55°C
Tension	230 V
Formes	Standard (2 ou 3 tubes A enveloppe cylindrique A enveloppe en forme d'ampoule Forme globe A réflecteur
Longueur culot compris	113 à 190 mm
Poids	60 à 200 g

Les lampes fluo-compactes en éclairage d'intégration

Les lampes d'intégration sont équipées de culots à broches spécifiques (de type « G ») et sont destinées à des luminaires spécialement conçus pour les recevoir. Le ballast est séparé et solidaire du luminaire. On trouve principalement des ballasts électroniques (gradable ou non)

Leur puissance se situe entre 5 W et 80 W.

Privilegié la qualité

Pour les commandes, préférer les lampes fluo-compactes « professionnelles » aux lampes fluo-compactes « grand public ». Les premières, bien que plus coûteuses que les secondes, ont une efficacité lumineuse supérieure ainsi qu'une durée de vie portée à plus de 10000 heures, ce qui permet de réduire la fréquence de remplacement des lampes ; et donc de faire des économies d'exploitation.

Il convient de privilégier la qualité des produits afin de s'y retrouver en terme de qualité de lumière et de temps de retour d'investissement.

9.3 Les autres sources lumineuses

- Il existe d'autres types de **lampes** dites " **à décharge** " et dont les usages sont spécifiques.
- **Ballon fluorescent** ou vapeur de mercure : il est destiné principalement à l'éclairage public et à l'éclairage décoratif intérieur et extérieur. Efficacité lumineuse 40 à 60 lm/W, lumière blanche env. 3500K. Pauvre restitution des couleurs (IRC max 60). Durée de vie moyenne de 16000 heures.
- **Iodures métalliques (ou halogénures métalliques) à brûleur quartz ou céramique** : Sous forme « Compact », « Par » ou « standard », elles offrent des capacités et des performances intéressantes (de 20 à 2000W) pour une efficacité allant de 75 à 100 lm/W. Ses usages sont multiples en intérieur comme en extérieur (Vitrines, éclairage général, architecture, éclairage public et décoratif en intérieur et extérieur, éclairage sportif). Elle existe en températures de couleur allant de 3000 à 6500K, et offre une restitution des couleurs comprise entre 80 et 95 selon les modèles. Durée de vie moyenne 8000h)
- **Sodium H.P. blanc** : Disponible selon des puissances n'excédant pas 100W à 150W. Source destinée principalement à l'éclairage d'ambiance ou à l'éclairage décoratif d'architecture. Efficacité lumineuse inférieure aux iodures métalliques. Température de couleur 2500K (blanc doré). Restitution de couleur : 80. Rendu chaleureux.
- **Sodium Haute pression** : Sa mauvaise restitution des couleurs ($R_a = 25$ à 60max) et sa bonne efficacité lumineuse (70 à 130 lm/W) cantonnent cette lampe à des usages principalement extérieurs (éclairage public - Architecture). En revanche, elle offre un des meilleurs rapports rendement - confort du marché. Disponible selon des puissances allant de 50 à 400W.
- **Sodium Basse Pression** : Monochrome, sa restitution des couleurs est nulle. Toute chose éclairée apparaît orange ou ocre. Avec une efficacité de 200lm/W cette lampe est une des plus efficace. Utilisée en routier, souterrain et stationnement ou stockages (en perte d'usage - peu convivial). Attention, la déperdition calorifique de ces sources doit être prise en compte lors de la mise en œuvre (matériaux / volumes / etc...)

9.3 Les LEDs

... ou Diodes électroluminescentes.

Ce composant électronique est en train de faire sa place en tant que source d'éclairage. Une révolution du marché de l'éclairage s'annonce dans les années à venir avec l'apparition à grande échelle de ces LED. Actuellement la puissance des LED étant assez faible, elles ne sont utilisées que dans un nombre restreint de domaines

- éclairage des téléphones portables, blocs autonomes de sécurité, borne de balisage routier.
- En production de lumière blanche, insérées dans un réflecteur adapté, on commence à voir fleurir des luminaires de toutes sortes depuis la lampe de bureau jusqu'au projecteur architectural.
- En trichromie, les fabricants trouvent des solutions compactes de linéaires ou petits projecteurs à changement de couleur.

Cette innovation étant encore en mutation, la liste ci-après des avantages – inconvénients connaîtra certainement des changements.

Description générale :

A l'origine, les diodes électroluminescentes sont de simples composants électroniques : elles se présentent sous la forme d'une structure optique hémisphérique et sont munies de grandes pattes destinées à être soudées sur des circuits imprimés.

Actuellement, leur puissance lumineuse est relativement faible, ce qui ne permet pas encore de les utiliser sur des luminaires.

Principe de fonctionnement :

Enrobée dans une résine transparente, les LED fonctionnent comme des aimants qui réagissent au passage du courant : celui-ci est attiré du pôle positif vers le pôle négatif. La lumière est produite par la réaction d'une couche dont le composant change selon que l'on veuille que la diode ait telle ou telle couleur. Les couches peuvent ainsi être constituées de radium ou encore de gallium. La couleur diffusée par les LED est toujours monochromatique.

Des recherches sont menées pour augmenter l'intensité lumineuse produite par les LED. Un fabricant a annoncé avoir réussi en laboratoire à faire fonctionner des LED produisant un flux lumineux de 120 et 200 lumens par watt (pour comparaison, l'efficacité lumineuse d'un tube fluorescent 26mm est de 80 à 100 lm/W ; celle des lampes à incandescence est d'environ 10 lm/W). Les LED affichent donc un haut rendement. Toutefois, elles nécessitent encore au moins deux ou trois ans de mise au point avant de pouvoir être produites à grande échelle et révolutionner l'éclairage.

L'augmentation de rendement et le confinement en capsules (réflecteur) tendent à diminuer considérablement la durée de vie du composant initialement annoncée très grande. Aujourd'hui on parle plus couramment de 50 000h pour les sources à forte efficacité.

De même, les LED courantes du marché qui équipent des appareils d'éclairage vont de 0,1 à 2,6 W pour des efficacités lumineuses entre 30 et 50 lumen/W

Comparaison avec les sources d'éclairage :

La comparaison de consommation avec des sources de lumière telles que l'incandescence ou la fluorescence doit se faire par rapport au résultat à obtenir en terme d'éclairage.

La consommation unitaire est faible mais la multiplication pour obtenir un résultat satisfaisant par rapport à une source efficace peut s'avérer disqualifiant pour la LED.

La durée de vie est très intéressante par rapport aux autres produits d'éclairage.

La LED est insensible aux vibrations contrairement aux lampes traditionnelles à filament

On peut obtenir des allumages instantanés et répéter les allumages – extinctions sans risque de dégradation anticipée du produit.

Pas d'émission de rayons infrarouge ou ultraviolet. Idéal pour certaines installations telles que les musées

8.1 LOI n°2005-1720 du 30 décembre 2005

Article 87

« Après l'article L.541-10-1 du code de l'environnement, il est inséré un article L.541-10-2 ainsi rédigé :

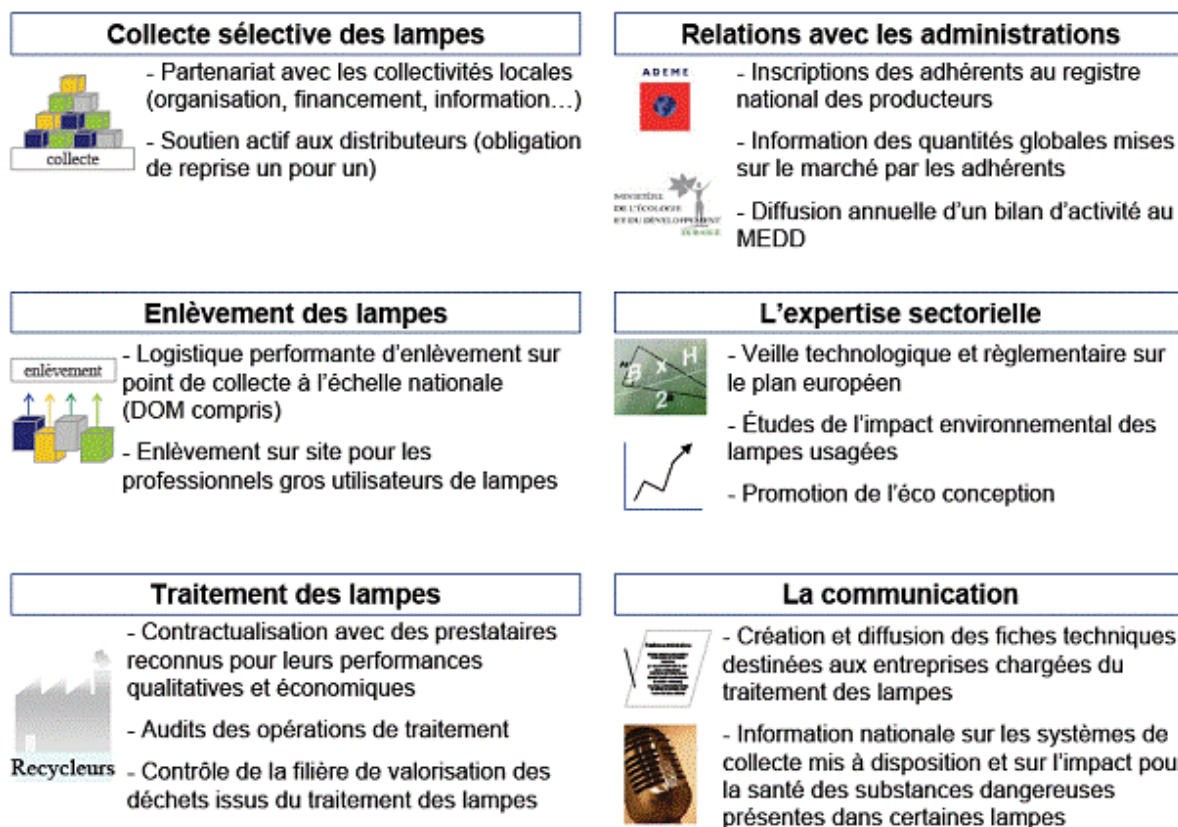
Art. L 541-10-2 – A compter du 1^{er} janvier 2006, toute personne qui fabrique, importe ou introduit sur le marché national à titre professionnel des équipements électriques et électroniques ménagers relevant des catégories mentionnées à l'annexe I A et à l'annexe I B de la directive 2002/96/CE du Parlement européen et du Conseil, du 27 janvier 2003, relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques ménagers est tenue de pourvoir ou contribuer à la collecte, à l'enlèvement et au traitement des déchets d'équipements électriques et électroniques ménagers indépendamment de leur date de mise sur le marché. Dans le cas où les équipements sont vendus sous la seule marque d'un revendeur, ce dernier est tenu de pourvoir ou contribuer à la collecte, à l'enlèvement et au traitement des déchets d'équipements électriques et électroniques en substitution de la personne qui fabrique, importe ou introduit sur le marché national ces équipements ».

Pour répondre aux exigences de cette loi et à son décret n°2005-829 du 20 juillet 2005 relatif à la composition des équipements électriques et électroniques et à l'élimination des déchets issus de ces équipements (décret DEEE) plusieurs fabricants de lampes ont mis en place un éco-organisme chargé d'organiser en France la collecte et le recyclage des lampes usagées détenues par les particuliers et les professionnels : **RECYLUM** (voir aussi www.recylum.fr ou via <http://www.syndicat-eclairage.com/>

En France, les éco-organismes n'ayant pas encore de statuts adaptés, Récyllum a été créé sous la forme d'une société anonyme n'ayant pas pour objectif de faire des profits.

Créé le 26 mai 2005 par plusieurs fabricants de lampes souhaitant intensifier leurs efforts en faveur de la protection de l'environnement, Récyllum interviendra pour le compte de tous les producteurs de lampes qui le souhaiteront (fabricants, importateurs, distributeurs sous leur marque...).

Dès l'obtention de son agrément par les Pouvoirs Publics, Récyllum sera à même d'assurer pour le compte des producteurs adhérents les missions suivantes :



Pourquoi un éco-organisme spécifique aux lampes ?

Les lampes usagées visées par le décret ont des particularités qui les différencient de la plupart des autres déchets.

- Elles représentent environ 1 % du poids des DEEE à traiter, mais 80 % des volumes (près de 70 millions de lampes sont mises sur le marché tous les ans),
- Leur grande fragilité exige des précautions de manipulation tout au long de la filière,
- Elles contiennent des substances dangereuses, même en faible quantité,
- L'absence de différenciation des lampes entre les marchés professionnel et ménager impose une approche globale de leur collecte,
- Pour les producteurs, le coût de collecte et de recyclage des lampes peut atteindre jusqu'à 50 % de leur prix de vente.

8.2 Les lampes concernées

A l'exception des lampes à filament, toutes les sources lumineuses sont concernées par la réglementation (environ 70 millions de lampes par an).

Lampes à décharge d'éclairage :

- les tubes fluorescents
- lampes à économie d'énergie,
- lampes à sodium haute et basse pression,
- lampes à vapeur de mercure,
- lampes à iodure métallique,
- lampes à diode électroluminescente ou led,
- les lampes à décharge dites techniques :
 - * UV,
 - * vidéoprojecteurs,
 - * enseignes lumineuses

Sources lumineuses concernées par le décret				
Catégories de lampes	Description		Types de lampes	Nombre de modèles
Tubes fluorescents	Lampes à décharge basse pression (quelques mbar) contenant du gaz argon, du mercure et des poudres photoluminescentes.	Linéaires		> 15
		Formes diverses		> 15
Lampes fluo-compactes	Lampes à décharge basse pression (quelques mbar) contenant du gaz argon, du mercure et des poudres photoluminescentes.	Sans ballast (contacts)		> 25
		Avec ballast (culot à vis)		> 25
Autres lampes	Lampes à décharge haute pression (> 1 bar) contenant de l'argon, du sodium, du mercure, des halogénures métalliques...			> 50
	Lampes à décharge basse pression (qqs mbar) contenant du gaz argon, du sodium...			> 5
	Lampes à LEDs			> 50

Source RECYLUM

8.3 Directive RoHS

« Dans ce contexte général de réflexion autour des questions d'environnement et de prévention des risques, les autorités publiques ont en particulier décidé de **restreindre l'utilisation de certaines substances dangereuses dans certains équipements électriques et électroniques (EEE)**.

C'est l'objet de la **Directive 2002/95/EC** relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques (dite Directive RoHS (restriction of hazardous substances)) »

OBJET DE LA DIRECTIVE

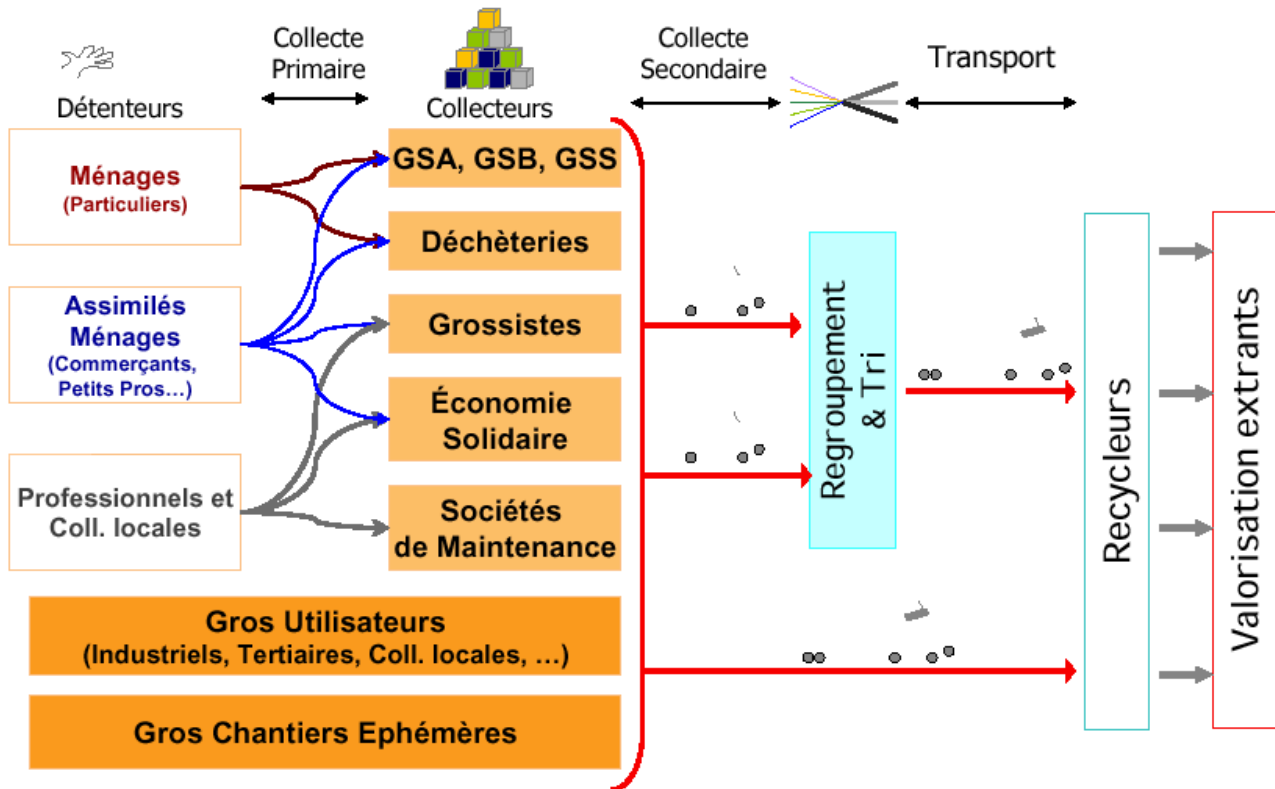
« À compter du 1er juillet 2006, la Directive RoHS limite l'utilisation du plomb, du cadmium, du chrome hexavalent, du mercure et de retardateurs de flamme bromés (PBE et PBDE)

Ceci dans certains types d'équipements électriques et électroniques "mis sur le marché" européen.

La Directive RoHS repose sur l'article 95 du traité de la Communauté Européenne qui impose la mise en place de mesures harmonisées dans tous les États membres.

8.4 Schéma des flux de collectes

Schéma synthétique des flux de DEEE



9.1 Ballasts électroniques pour lampes fluorescentes tubulaires

Extrait du magazine J3E 745 avril 2005

Au titre de la directive européenne 2000/55 et du décret 2001-1131, à compter du 21 novembre 2005, seuls les ballasts marqués A et B seront autorisés à la vente en Europe. Ainsi, tous les autres types de ballasts non conformes seront exclus du marché à cette même date.

Cette règle s'applique pour les ballasts vendus seuls et pour les luminaires dans lesquels ils sont incorporés.

9.2 Ballasts ferromagnétiques C : commercialisation interrompue au 21-11-2005

les syndicats nationaux des industries de l'éclairage, regroupés au niveau européen dans le Celma, ont adopté en 1999 un schéma de classification de ballasts basé sur la consommation énergétique maximale des systèmes ballasts-lampes. Un « Guide pour l'application de la directive 2000/55/CE du 18 septembre 2000 établissant des exigences de rendement énergétique applicables aux ballasts pour l'éclairage fluorescent » a été édité, le schéma de classement étant fondé sur une tension harmonisée de 230V/50Hz.

A savoir :

classe D : ballasts magnétiques à fortes pertes (suppression déjà en vigueur depuis le 21 mai 2002) ;

classe C : ballasts magnétiques à pertes moyennes (disparition en Europe à partir du 21-11-2005) ;

classe B2 : ballasts magnétiques à faibles pertes ;

classe B1 : ballasts magnétiques à très faibles pertes ;

classe A3 : ballasts électroniques ;

classe A2 : ballasts électroniques à pertes réduites ;

classe A1 : ballasts électroniques gradables. Les ballasts gradables sont classés A1 s'ils satisfont aux prescriptions suivantes :

réglage à 100 % de flux lumineux, le ballast satisfait au moins aux exigences de la classe A3 ;

réglage à 25 % du flux lumineux ; la puissance totale d'entrée est égale ou inférieure à 50 % de la puissance au réglage à 100 % de flux lumineux ;

le ballast doit être capable de réduire le flux lumineux à 10 % ou moins du flux lumineux maximum.

Les ballasts ferromagnétiques appartenant aux classes B1 et B2 de la classification Celma sont constitués de tôles métalliques à moindre pertes magnétiques que la classe C qui occasionnent une dissipation plus faible de la puissance.

Cette technologie permet une réduction des pertes internes. Un ballast de classe B2 opérant avec une lampe fluorescente de 58 W présente une puissance totale d'entrée de 67 W (respectivement 64 W pour un ballast de classe B1), ce qui représente 3 W de moins qu'un circuit ballast-lampe de classe C.

Les ballasts électroniques (selon les classes A1, A2 et A3) sont de très importants économiseurs d'énergie. En classes A1 et A2 ils réduisent même la consommation électrique des circuits ballast-lampe à une valeur inférieure à celle de la puissance assignée du tube fluorescent.

Mais l'utilisation du ballast électronique de type A2 et surtout A1, c'est la porte d'entrée obligatoire pour la mise en œuvre de systèmes de contrôle-commande automatiques de l'éclairage générateurs d'autres économies supplémentaires.

Classe	Description	Puissance du système en watts
C =	Ballasts magnétiques à pertes moyennes	≤ 45 W date limite de vente : 21/11/05
B2 =	Ballasts magnétiques à faibles pertes	≤ 43 W
B1 =	Ballasts magnétiques à très faibles pertes	≤ 41 W
A3 =	Ballasts électroniques	≤ 38 W
A2 =	Ballasts électroniques à pertes réduites	≤ 36 W
A1 =	Ballasts électroniques gradables	< 19 W (at 100 % - 25 %)

Comparaison des consommations de l'ensemble lampe+ballast selon les classes d'efficacité énergétique pour un tube fluorescent de 36 W de 26 mm de diamètre de 590 mm de long.

Assurer l'intermittence

Systèmes de gestion

Un peu d'électronique pour des économies

1. Lumière naturelle

1. Gratuite
2. Abondante
3. Agréable
4. Bénéfique
5. ...
6. L'éclairage artificiel n'est là que pour pallier à la lumière naturelle, et non s'y ajouter !

2. Détection de présence

1. Il est inutile d'éclairer des locaux vides
2. C'est agréable lorsqu'une pièce s'allume quand on rentre

10.1 La gestion de l'éclairage

En tertiaire, les professionnels conviennent que la gestion de l'éclairage contribue à générer des économies d'énergie.

Le syndicat de l'éclairage et l'ADEME s'accordent pour les résultats suivants (issus de la Réglementation Thermique (RT))

Exemple en bureau :

- Interrupteur à commande manuelle = solution de base,
- Horloge = -10% d'économies
- Détecteur = - 20 %
- Gradation = - 29%
- Cellule Photo = - 43%

Chacun de ces moyens de gestion implique une modification plus ou moins lourde des installations.

10.2 Systèmes automatiques de gestion de la lumière

Détecteurs de présence :

Détecteurs infra-rouge permettant d'éclairer les zones de travail ou les circulations seulement lorsqu'elles sont occupées. Ils peuvent être intégrés au luminaire ou bien être installés isolément au mur ou au plafond. Bien étudier leur implantation, leur angle de détection ainsi que leur temporisation. Utilisation : Locaux à occupation intermittente, toilettes, circulations. Les luminaires doivent être équipés de ballasts A1 ou A2.

Cellules photosensibles :

Détecteurs permettant d'allumer, d'éteindre voire d'adapter l'éclairement produit par un ou plusieurs luminaires en fonction de la lumière ambiante. Ils peuvent être intégrés au luminaire ou bien être installés isolément au mur ou au plafond. Utilisation : Dans tout local bénéficiant de l'éclairage naturel. Les luminaires doivent être équipés de ballasts A1.

Horloges calendaires et horaires :

Les horloges permettent de commander l'allumage et l'extinction des luminaires.

Multi-capteurs :

Ils peuvent être intégrés aux luminaires ou séparés de ceux-ci. Ils permettent de remplacer plusieurs détecteurs comme la cellule photosensible et le détecteur de présence cités ci-dessus, mais intégrer également un récepteur de commande infrarouge (commande à distance)



10.3 Systèmes manuels de gestion de la lumière

Potentiomètres gradateurs variateurs et boutons poussoirs :

Permettent à l'utilisateur d'éteindre, d'allumer et de faire varier l'intensité de l'éclairage.

Dans le cas d'une gestion automatique, il est nécessaire de laisser une plage de liberté à l'utilisateur en lui permettant d'ajuster l'éclairage à ses besoins spécifiques. D'où l'intérêt de conserver des interrupteurs accessibles.

-

Télécommandes sans fil ou murales :

Ces télécommandes sans fil manuelles ou murales permettent de programmer des ambiances lumineuses, de les mémoriser et de les activer

Ce système est économique à l'installation, ne nécessitant aucun câblage.

Le système détecteurs de présence / cellules photoélectriques doublés par une commande manuelle permettent **d'économiser jusqu'à 60 % d'énergie**.

10.4 Gestion Centralisée de l'éclairage

Gestion centralisée par PC des ambiances et des consommations :

La gestion centralisée permet le contrôle, la commande et la gestion horaire et calendaire de la gestion d'éclairage. Elle permet aussi de connaître l'état et les consommations de l'installation d'éclairage de l'ensemble du bâtiment. Elle peut s'intégrer à un système de Gestion Technique du Bâtiment.

Au niveau global, le logiciel de gestion technique assure différentes fonctions : affectation des zones d'éclairage à une commande, heures d'utilisation par bureau et par étage... Au niveau local, des sous-stations disposées dans tout le bâtiment décodent les ordres en provenance de l'ordinateur central et pilotent les luminaires qui leur sont connectés.

Ce système présente l'avantage de pouvoir modifier les allumages des bureaux en fonction des aménagements successifs par programmation, donc sans toucher au câblage électrique et sans ouvrir de faux plafonds.

Permet d'économiser 60% d'énergie. Elle aboutit, de plus, à une réduction des coûts d'exploitation grâce à la gestion flexible de l'éclairage

Exemple de gestion par système à protocole DALI (Digital Adressable Lighting Interface) :

Il s'agit d'une interface d'éclairage à adressage numérique pour le contrôle flexible d'éclairages fluorescents.

Le système s'articule autour de ballasts adressables individuellement : 64 adresses individuelles (points lumineux, quelles que soient les lampes), 16 groupes de luminaires (circuits), 16 ambiances d'éclairage.

Le système permet aussi de connaître l'état de l'installation. En réseau, il est extensible par modules de 64.

11.1 Rendement global source - luminaire - gestion

4 niveaux à considérer

La source,

- Sa technologie et sa forme doivent fournir un spectre lumineux adapté aux besoins.
- La puissance et le flux lumineux produit par cette source doivent être cohérents avec l'activité du local et la réglementation associée.
- Son association avec un environnement électro-technique adapté doivent optimiser sa durée de vie.

Le luminaire,

- Adapté à la configuration du local (forme, résistance mécanique, répartition de la lumière)
- Déterminé d'après l'étude photométrique
- Contribuant à la pérennité de l'installation
- Facilitant la maintenance.

L'équipement électrique (appareillage),

- Il doit être compatible avec la source qu'il alimente (tension, décharge électrique, stabilité du courant, harmoniques) afin d'optimiser le flux lumineux de la source et de sa durée de vie.

Le système de gestion technique,

- Maîtrise de la durée d'utilisation de la lumière
- Pilotage des allumages-extinction en fonction des locaux
- Analyse des dysfonctionnements
- Communication avec les autres usages électriques

L'efficacité énergétique ↳ les objectifs

- Privilégier au maximum la lumière du jour
- L'efficacité énergétique des systèmes d'éclairage, c'est : *lumière utile*

obtenir une quantité donnée de lumière utile en consommant le moins d'énergie électrique possible

➡ Minimiser le rapport Watt / Lux sur un projet =



L'efficacité énergétique ↳ quid des luminaires

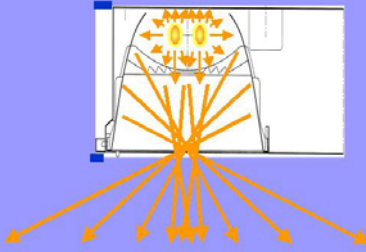
La problématique des luminaires : 3 étapes principales

1. Maximiser le **rendement** des luminaires
2. Donner la meilleure **direction** possible au flux lumineux
3. Respecter le **confort** des usagers

11- IMPORTANCE DE LA CONCEPTION AMONT

Luminaire
↳ le meilleur rendement

Maximiser le rendement des luminaires

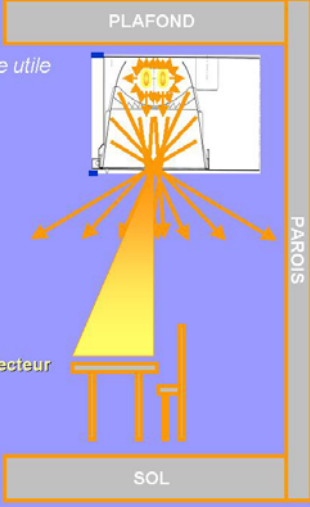


Grâce :

- ① Au choix des matériaux : Aluminium HRA (High Reflection Aluminium)
- ② Au design du réflecteur

Comment ?
↳ diriger le flux lumineux

Obtenir de la lumière utile



Grâce :

- ① Au design du réflecteur

Un éclairage confortable

Obtenir de la *lumière agréable*

- Éviter l'éblouissement direct
 - Choix des matériaux : laqué blanc ou HRA
 - Protection transversale, ventelles, etc.



Privilégier les luminaires à éclairage direct :

Comme il a été vu au chapitre 7-5 la classe du luminaire contribue à la qualité de l'éclairage.

Les luminaires de type indirect ont un rendement inférieur à 50%. La perte qu'ils génèrent augmente le nombre de points d'éclairage nécessaire à l'obtention du niveau d'éclairage désiré.

C'est une donnée à prendre en compte dans la réflexion globale d'un projet neuf. Cependant l'indirect séduit nombre d'usager par le fait rassurant qu'il laisse « voir la lumière »

Facteur de réflexion des parois

Dans le parcours qui sépare la lampe du plan de travail, Les parois d'un local font également office de réflecteur et de propagateur de la lumière émise. Lumière artificielle mais également lumière naturelle.

Préférer les surfaces et revêtements clairs dont le facteur de réflexion se rapproche de 1.

Matériau	Facteur de réflexion	Matériau	Facteur de réflexion
Enduit de plâtre blanc (neuf)	0,70 – 0,80	Tentures rouges	0,10 – 0,20
Enduit de plâtre blanc (vieux)	0,30 – 0,60	Tentures bleues	0,10 – 0,20
Plafond blanc	0,65 – 0,70	Tentures grises	0,15 – 0,25
Béton clair	0,40 – 0,50	Tentures brun foncé	0,10 – 0,20
Béton gris	0,05 – 0,15	Papier peint noir	0,03
Bois clair	0,40 – 0,65	Aluminium poli	0,65 – 0,75
Chêne sombre, acajou	0,15 – 0,40	Brique (neuve)	0,10 – 0,30
Tentures jaunes	0,30 – 0,45	Brique (vieille)	0,05 – 0,15

11.2 Investissement / coût d'énergie / entretien

Le prix d'achat des luminaires doit être considéré avec l'ensemble des coûts générés par la vie de l'installation : Coût global ou coût complet.

La bonne performance du luminaire réduit le nombre d'appareils nécessaires au résultat

L'efficacité lumineuse de la source limite la puissance unitaire de celle-ci.

Les parois claires propagent la lumière

La durée de vie économique des sources offre la même qualité d'éclairage pendant plus longtemps

La durée de vie des sources réduit la fréquence de maintenance et son coût

La facilité de maintenance de l'appareil réduit le temps d'intervention.

La maîtrise du temps de fonctionnement maîtrise l'énergie.

11.3 Remplacement des tubes fluorescents

Avec un luminaire à ballast ferromagnétique ou électronique: Tubes fluorescents haut rendement 26 mm (ou T8)

Avantages par rapport à un tube classique:

- Tubes trois bandes, c'est à dire qu'ils intègrent des poudres émettant dans les trois couleurs fondamentales (rouge, vert, bleu). Ainsi, à consommation égale, ils fournissent plus de lumière qu'un tube classique, simple bande.
- Très bon indice de rendu des couleurs.
- Durée de vie plus importante : A 12000 heures, ils conservent plus de 90% de leur flux lumineux. Donc, remplacements sont moins fréquents.
- Permet de réduire la puissance installée en diminuant le nombre de luminaires : cette caractéristique peut être exploitée en cas de rénovation complète de l'installation d'éclairage

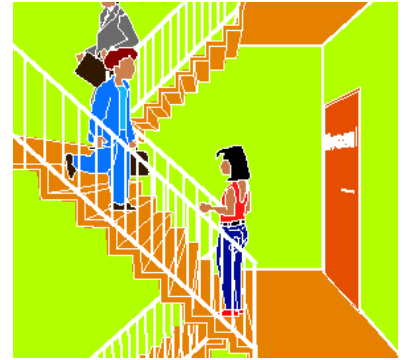
Avec un luminaire à ballast électronique uniquement:

Tubes électroniques 16 mm (ou T5)

Avantages par rapport aux tubes haut rendement 26 mm :

- Efficacité lumineuse supérieure de 20 % par rapport aux T8 à ballast électronique, optimisée pour des températures de fonctionnement réelles (35°C), la limite de fonctionnement du tube 26 mm étant de 25°C
- Consommation moindre car l'utilisation d'un ballast électronique est obligatoire pour ce type de tubes

	Conventionnel	Électronique
Température de fonctionnement	- 5°C à + 80°C	+ 10°C à + 60°C
Courant de démarrage	Normal	Élevé
Poids	De 500g à 1kg	De 300 à 500g
Nombre de lampes pour un ballast	1 ou 2	De 1 à 4
Fréquence de fonctionnement des lampes	50 Hz (effet stroboscopique)	> 40 kHz
Cos φ	< 0,5 (jusqu'à 0,9 avec condensateur)	0,95
Sensibilité aux variations de tension	Grande	Faible
Sensibilité au nombre d'allumage / extinction	Grande (si > 3 fois / jour, la durée de vie de la lampe est réduite)	Nulle
Production de chaleur	≈ 10 W	< 5 W
Fonctionnement en DC	Impossible	Possible
Durée de vie des lampes	10.000 hrs max.	20.000 hrs
Clignotement des lampes en fin de vie	Oui	Non
Classe énergétique	B1 ou B2 (les classes C et D sont interdites)	A1, A2 ou A3
Gradation	Impossible	Possible
Consommation	≈ 10 W	De 0 à 5 W
Efficacité : un luminaire équipé d'un ballast électronique consomme en moyenne 20% d'énergie de moins que le même luminaire équipé de ballasts conventionnels (pour le même éclairage !)		



Définition de l'éclairage de sécurité ?

C'est la partie de l'éclairage de secours prévu pour assurer la sécurité des personnes qui évacuent un espace.

A ne pas confondre avec l'éclairage de secours, prévu en cas de défaillance de l'éclairage normal.

Les blocs autonomes écologiques

Il existe sur le marché de blocs « écologiques », c'est-à-dire réalisés avec des matériaux moins polluants, plus faciles à recycler et surtout qui consomment beaucoup moins d'énergie.

Il mettent en œuvre les produits suivants :

- Sources lumineuses permettant de diviser par 10 la consommation d'énergie et de multiplier par 10 la durée de vie.
- Lampe de veille constituée par 2 LED haute luminosité
- Tube de secours constitué par un tube fluorescent à cathode froide (CCFL) : celui-ci contient deux fois moins de mercure que les tubes fluorescents classiques
- Puissance 0.7 W
- Le fabricant reprend les blocs en fin de vie pour en assurer le recyclage

Inconvénient :

Bloc dont le prix d'achat est le double de celui d'un bloc standard mais, les économies réalisées permettent un retour sur investissement sur trois ans.

13.1 Ecoles

Groupe Scolaire HERRIOT (ROCHEFORT 17)



Construit en 1957 par l'Architecte RENE LAVOINE, ce groupe scolaire a été agrandi

extensions en 1960 et 1983

Surface : 4954 m²

Nombre de salles : 27

Nombre de classes d'élèves : 14

Nombre d'élèves : 312

Accueil périscolaire : 24

Nombre moyen d'élèves à la cantine : 169

Descriptif des travaux :

- Pose de luminaires équipés de tubes fluorescents (2x36W) alimentés par des ballasts électroniques gradables dans les classes et autres grandes salles et non gradables dans les dégagements et les bureaux. Les tubes de référence 840 utilisés sont recyclables, ils contiennent 5 fois moins de mercure que le blanc industrie.

La pose de ballasts électroniques permet une économie d'énergie de 30% sur l'éclairage ainsi qu'un allumage instantané sans clignotement..

- Le système de gestion d'éclairage mis en place permet la commutation et la régulation à paramétrer par PC pour les classes et les autres grandes salles. Il permet la gestion de 2 zones d'éclairage.

Des multicapteurs combinent les fonctions de récepteur à infrarouge, de détecteur de mouvement, et de capteur de lumière au plafond de chaque salle. Des détecteurs de mouvement sur une distance de 25 mètres sont installés dans les dégagements. Des détecteurs de mouvement avec seuil de luminosité sont posés en plafond des bureaux.

Les interrupteurs sont laissés en place afin de permettre l'extinction de l'éclairage lors de la sortie des élèves. Si l'éclairage est oublié, il s'éteint au bout de 6 minutes.

Avec la gestion d'éclairage en supplément des ballasts électroniques nous obtenons une économie de 45% sur l'éclairage.

Des compteurs divisionnaires sont installés sur l'éclairage, les prises de courant, la chaufferie et les cuisines.

Surcoût de la gestion d'éclairage :

Coût de la gestion d'éclairage Fournitures : 6750 € HT

Coût des ballasts électroniques Fournitures : 3684 € HT

Economies réalisées :

Consommation d'électricité avant travaux : 51655 kWh pour 6101€

13.1 Ecoles

Groupe Scolaire HERRIOT (ROCHEFORT 17)



Construit en 1957 par l'Architecte RENE LAVOINE, ce groupe scolaire a été agrandi extensions en 1960 et 1983

Surface : 4954 m²

Nombre de salles : 27

Nombre de classes d'élèves : 14

Nombre d'élèves : 312

Accueil périscolaire : 24

Nombre moyen d'élèves à la cantine : 169

Descriptif des travaux :

- Pose de luminaires équipés de tubes fluorescents (2x36W) alimentés par des ballasts électroniques gradables dans les classes et autres grandes salles et non gradables dans les dégagements et les bureaux. Les tubes de référence 840 utilisés sont recyclables, ils contiennent 5 fois moins de mercure que le blanc industrie.

La pose de ballasts électroniques permet une économie d'énergie de 30% sur l'éclairage ainsi qu'un allumage instantané sans clignotement..

- Le système de gestion d'éclairage mis en place permet la commutation et la régulation à paramétrer par PC pour les classes et les autres grandes salles. Il permet la gestion de 2 zones d'éclairage.

Des multicapteurs combinent les fonctions de récepteur à infrarouge, de détecteur de mouvement, et de capteur de lumière au plafond de chaque salle. Des détecteurs de mouvement sur une distance de 25 mètres sont installés dans les dégagements. Des détecteurs de mouvement avec seuil de luminosité sont posés en plafond des bureaux.

Les interrupteurs sont laissés en place afin de permettre l'extinction de l'éclairage lors de la sortie des élèves. Si l'éclairage est oublié, il s'éteint au bout de 6 minutes.

Avec la gestion d'éclairage en supplément des ballasts électroniques nous obtenons une économie de 45% sur l'éclairage.

Des compteurs divisionnaires sont installés sur l'éclairage, les prises de courant, la chaufferie et les cuisines.

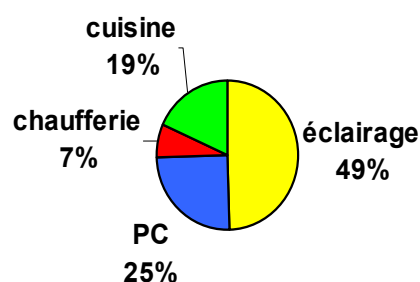
Surcoût de la gestion d'éclairage :

Coût de la gestion d'éclairage Fournitures : 6750 € HT

Coût des ballasts électroniques Fournitures : 3684 € HT

Consommation d'électricité avant travaux :

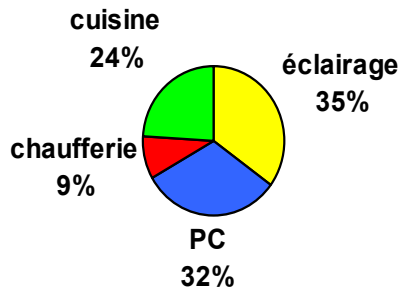
51655 kWh pour 6101€



Avant travaux

13- EXEMPLES APPLICATIFS AVEC RETOURS D'EXPERIENCE

Groupe Scolaire HERRIOT (ROCHEFORT 17)



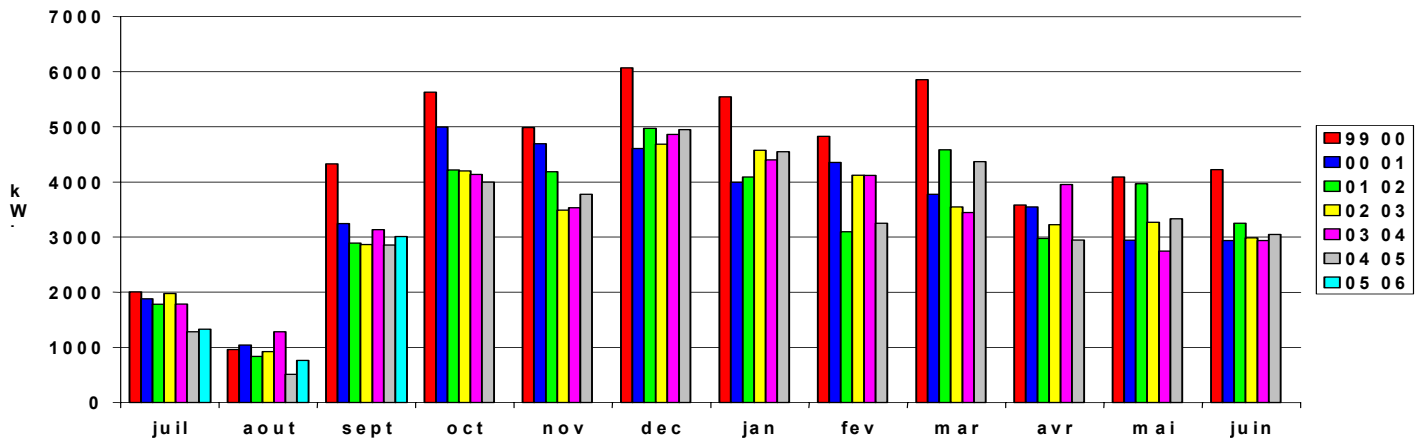
Consommation
d'électricité
après travaux :
40101 kWh pour
4872€



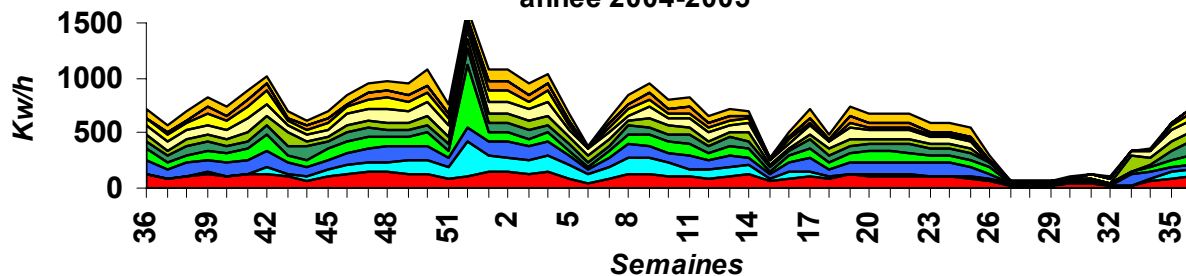
Economie annuelle : 11554 kWh soit 1230 € Soit 45% d'économie sur l'éclairage!

Il est prévu de diminuer de 40% la consommation d'électricité de la chaufferie en remplaçant les pompes.

GRUPE SCOLAIRE HERRIOT
Evolution des consommations d'électricité (relevés EDF)



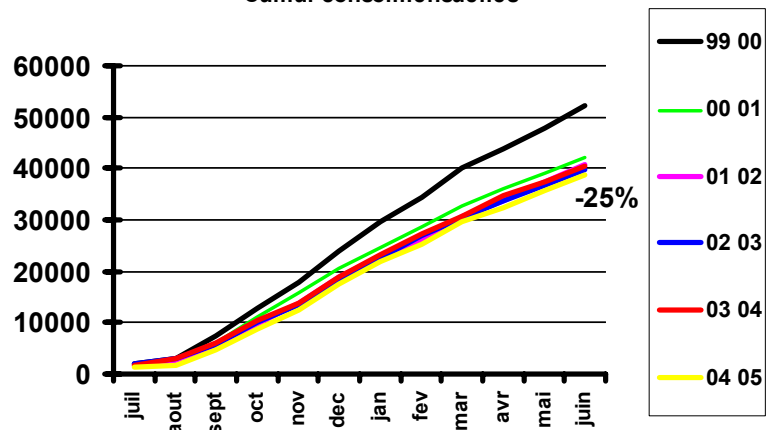
Consommations Electricité Herriot année 2004-2005



Le pic de la 52^{ème} semaine est dû à la mise en hors gel du bâtiment et de l'utilisation hors période scolaire.

Cumul conso.mensuelles

La période scolaire avant travaux est 1999/2000
Après les travaux étalés sur 2 ans, la période de mesure est 2002/2003
soit 23,5% d'économies



Autre exemple de salles de classes

Le montage:

Un détecteur de présence et de luminosité à champ de détection à 360°, montage au plafond. Mode commutable automatique ou semi-auto avec boutons poussoirs.

Possibilité de réglages des principaux paramètres par télécommande de service.



Ecole Jules VERNE, Montpellier – Architecte Mélanie ARNEGUY

Exemple de projet type salle de classe

Désignation	dim (L,I,S)	type de luminaires	Quantité	Pu (W) avec ballast	P totale (W)	ratio (W/m²)
Salle de classe x. Niveaux d'éclairement souhaités : 300 lux sur les bureaux, et 500 lux sur le tableau.	8,8 X 7,2	3*14 W: format 600x600 (Haut Rendement >75%, Classe C ou B. Lampes T5 16 mm, Ballast électronique à cathodes chaudes). Type basse luminance .	9	49	441	7,8
		1*24 W: luminaires encastrés asymétriques pour tableau 2 Lampes T5 16 mm, Ballast électronique.	2	26	52	
	63,4	m2			493	

Le détecteur est situé au centre de la salle possédant 2 canaux de commutation (exemple: zone 1 = proche de la fenêtre / zone 2 = éloignée de la fenêtre) et 2 boutons poussoirs de dérogation. Le tableau reste en simple allumage par interrupteur de proximité.

Le fonctionnement "semi automatique" :

Le(s) détecteur(s) fonctionnent en tenant compte de la présence d'individus mais aussi en fonction de la lumière naturelle qui est présente dans ces 2 zones de la salle.

Il est possible de prendre la main sur le détecteur en appuyant sur le(s) bouton(s) poussoir(s). Ainsi, la lumière reste allumée ou éteinte tant que les individus bougent, sans tenir compte de la luminosité extérieure. Lorsqu'il n'y a plus de mouvement, la lumière s'éteint et le système retrouve son fonctionnement de détecteur de présence et de luminosité.

Problèmes rencontrés :

- Il faut faire attention aux zones de détection morte. Dans une salle qui est plutôt allongée, un petit endroit de la pièce n'est pas détecté. Il est donc parfois préférable de mettre deux détecteurs plutôt qu'un seul. Les zones de détection sont carrées et de largeurs variables suivant le modèle de détecteur.
- Attention. Il est conseillé d'installer un relais entre le détecteur et les luminaires lorsque ceux-ci sont trop nombreux, ou plutôt lorsque la puissance installée des luminaires est trop importante.

Les coûts unitaires :

- luminaire type salle de classe: 150 € HT,
- luminaire type tableau 155 € HT,
- détecteur type salle de classe: 165 € HT

13.2 Bureaux

ROUBAIX rénove

Données concrètes de rénovation → Notion de Coût Global

éclairage = 1% du coût de construction d'un projet neuf !

Importance de l'éclairage

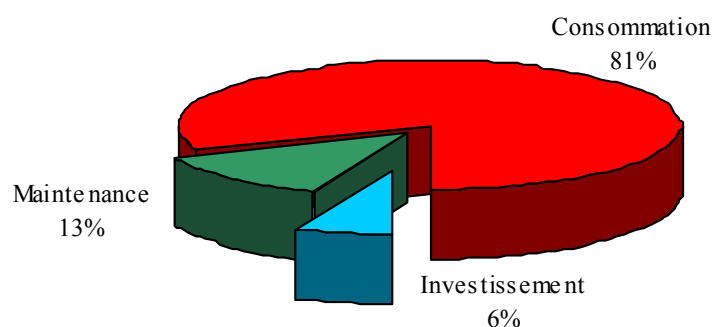
Bâtiment type géré par la mairie de Roubaix

Electricité = 37% exactement de l'énergie totale consommée (en coût)

Eclairage = 50% de la part électricité

→ **Eclairage = 20% du coût énergétique total**

→ c'est intéressant de le réduire !



Investissement doublé : si cela aboutit à une réduction de la consommation de seulement **10%**, c'est déjà une opération rentable !

Sobriété énergétique : une démonstration à partir d'opérations instrumentées en Ile de France

L'objectif est de montrer qu'il est également possible de maîtriser les consommations d'énergie en agissant sur les comportements (sobriété énergétique), et d'en évaluer le gisement.

Ce type d'opération, menée sur un site comme l'Hôtel de Ville par exemple, se déroule en plusieurs phases : phase de mesure, phase de sensibilisation, phase de mesure post-sensibilisation suivies de l'analyse et du bilan.

La sensibilisation à la sobriété énergétique comporte notamment des réunions d'information à destination du personnel travaillant sur le site avec une présentation des enjeux de la maîtrise de l'énergie et une description des gestes pratiques à appliquer au quotidien. Ces réunions sont suivies d'une visite des locaux permettant des échanges plus directs et interactifs avec les agents à leur poste de travail.

Afin d'appuyer la sensibilisation, l'utilisation de Wattmètres, permettant la visualisation des consommations d'énergie en temps réel, est en général particulièrement appréciée. Les agents peuvent ainsi constater concrètement par eux-mêmes l'impact de gestes simples sur la consommation et réviser leur jugement par rapport à certaines idées reçues.

En outre, des relances par courriel accompagnent utilement la phase de mesure post-sensibilisation.

De façon à évaluer le résultat de la phase de sensibilisation, le compteur électrique du site est instrumenté afin de collecter les données de consommation pendant plusieurs semaines avant et après la phase de sensibilisation.

Sur l'ensemble des opérations, le travail d'analyse des données a permis de mettre en lumière une nette diminution (de l'ordre de 10 à 15% en moyenne) du niveau de consommation pour les tranches horaires de la nuit et de la pause méridienne.

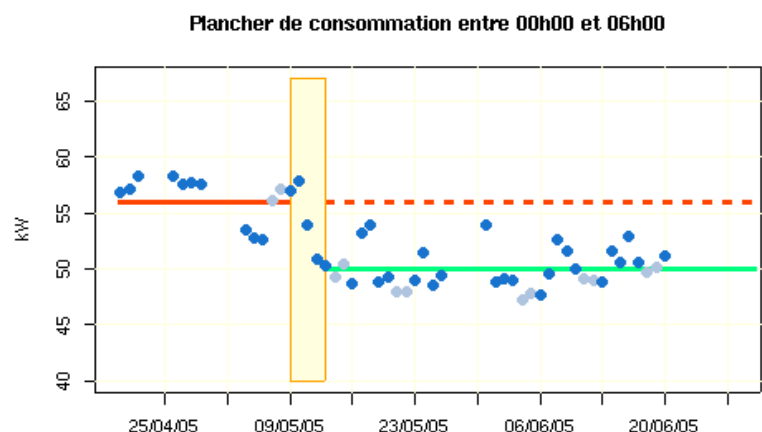
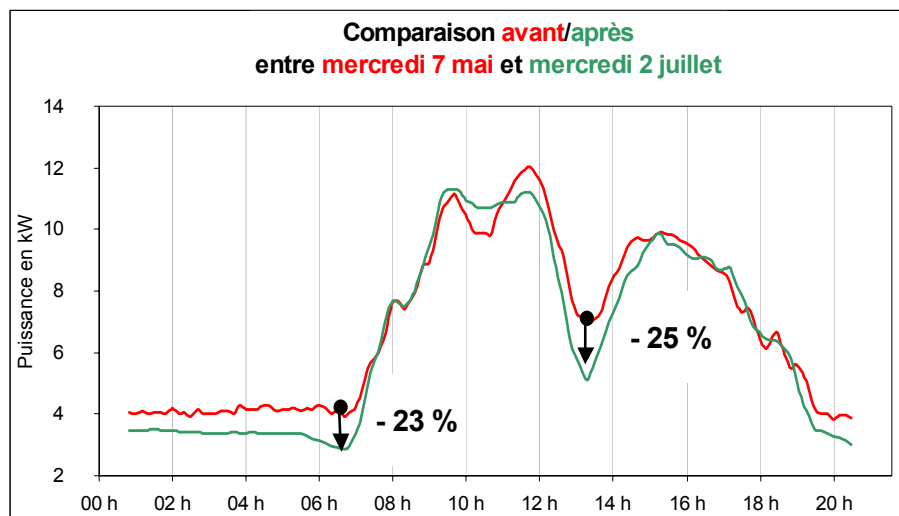
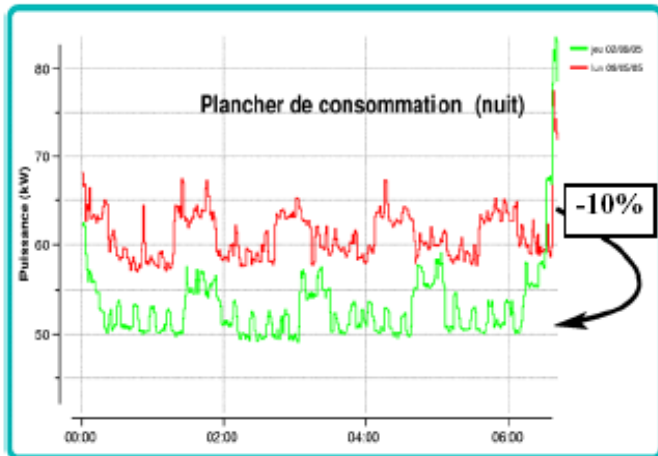
Le bilan est ensuite communiqué aux agents concernés (€, kWh, kg CO₂ évités), afin de valoriser leur changement de comportement en leur montrant la réalité des résultats obtenus.

Sobriété énergétique : une démonstration à partir d'opérations instrumentées en Ile de France

Le Sigeif a réalisé ce type d'action sur les Hôtels de Ville de Mitry-Mory (50 postes de travail), de Chelles (200 postes de travail) et Rueil-Malmaison (250 postes de travail) et a participé à une opération sur l'Hôtel de Département du CG92 (environ 1 500 postes de travail).

Sur les opérations de Chelles et de Rueil-Malmaison réalisées en partenariat et cofinancement avec l'ADEME et EDF, l'objectif était de développer la méthodologie, de tester différentes techniques d'instrumentation tout en validant de nouveaux supports de sensibilisation et ce, sur des bâtiments de taille et de niveau d'équipement différents.

On trouvera ci-après quelques résultats faisant apparaître les différences de consommation avant/après.



14.1 Liste des Normes et textes réglementaires...

...relatives à l'éclairage et à l'éclairagisme

- EN 12665 : 2002. Lumière et éclairage – Termes de base et critères pour la spécification des exigences en éclairage.
- NF C 71-120 : 1996. Méthodes recommandées pour la photométrie des lampes et des appareils d'éclairage.
- NF C 71-120 : 1997. Amendement à la
- NF C 71-120 : 1970.
- NF C 71-121 : 1995. Méthode simplifiée de prédétermination des éclairagements dans les espaces clos et classifications correspondantes des luminaires.
- NF EN 13032-1. Eclairagisme – Mesure et présentation des données photométriques des lampes et des luminaires – Partie 1 : Mesurage.
- NFr EN 13032-2. Eclairagisme – Mesure et présentation des données photométriques des lampes et des luminaires – Partie 2 : Eclairage des lieux de travail intérieurs.
- CIE Draft Standard DS 010.3/E-2002 Photometry : The CIE system of physical photometry.
- NF EN 12464-1 2003. Eclairage des lieux de travail – Partie 1 : Lieux de travail intérieurs.
- ISO 8995 : 2002 / CIE S008 : 2001. Lighting of indoor work places.
- NF X 30-103 : 1990. Ergonomie – Principes d'ergonomie visuelle applicables à l'éclairage des lieux de travail.
- ISO 9241-7. Exigences ergonomiques pour le travail de bureau avec terminaux à écrans de visualisation – Partie 7 : Exigences d'affichage concernant les réflexions.
- Pr EN 12464-2. 2003. Eclairage des lieux de travail – Partie 2 : Lieux de travail extérieurs.
- CIE Draf Standard DS015-2/E : 2004. Lighting of outdoor work places.
- NF EN 1838 : 1999. Eclairage de secours.
- NF EN 12193 : 1999. Lumière et éclairage – Eclairage des installations sportives.
- EN 13201-2. Eclairage public – Partie 2 : Exigences de performances.
- EN 13201-3. Eclairage public – Partie 3 : Calcul des performances.
- NF EN 13201-4. Eclairage public – Partie 4 : Méthodes de mesure des performances photométriques.

14.2 RT 2005

« ANNEXE III de l'Arrêté Ministériel relatif au projet de décret RT 2005

DEFINITIONS

Catégories CE1 et CE2

Un local est de catégorie CE2 s'il est muni d'un système de refroidissement et si l'une des conditions suivantes est respectée :

- Simultanément, le local est situé dans une zone à usage d'habitation ou d'hébergement, ses baies sont exposées au bruit BR2 ou BR3, et le bâtiment est construit en zone climatique H2d ou H3 à une altitude inférieure à 400m ;
- Simultanément, le local est situé dans une zone à usage d'enseignement, ses baies sont exposées au bruit BR2 ou BR3, et le bâtiment est construit en zone climatique H2d ou H3 à une altitude inférieure à 400m ;
- Le local est situé dans une zone à usage de bureaux, et ses baies sont exposées au bruit BR2 ou BR3 ou ne sont pas ouvrables en application d'autres réglementations ;
- Le local est situé dans une zone à usage de bureaux, et le bâtiment est construit soit en zones climatiques H1c ou H2c à une altitude inférieure à 400m, soit en zones climatiques H2d ou H3 à une altitude inférieure à 800m ;
- Le local est situé dans une zone à usage de commerce ;
- Le local est situé dans une zone à usage de spectacle ou de conférence ou de salle polyvalente ;
- Le local est situé dans une zone à usage d'établissement sanitaire.

Les autres locaux sont de catégorie CE1.

...

Eclairage général

L'éclairage général est un éclairage uniforme d'un espace sans tenir compte des nécessités particulières en certains lieux déterminés.

...

Locaux servant à réunir de façon intermittente des personnes

Un local est défini comme servant à réunir de façon intermittente des personnes, si les modalités d'utilisation du local sont aléatoires en termes d'occupation ou de non occupation et en termes de nombre d'occupants. Les salles de réunion des bâtiments de bureaux, les salles de réunion publiques sont considérées comme appartenant à cette catégorie. Les salles de spectacle, les bureaux paysagers, les salles de restaurant ne sont pas considérés comme y appartenant. »

14.3 RT 2000

Historique, mode de calcul et gardes fous

Par Christelle FRANZETTI, Docteur Ingénieur EDF

Contexte et Objectifs de la RT2000

La réglementation thermique est un outil de lutte contre le changement climatique. Il s'agit de participer à la réduction de l'émission de gaz à effet de serre.

La RT2000 se propose de simplifier les règles d'applications et de calculs pour une meilleure application et de renforcer les exigences pour les bâtiments non résidentiel.

Juin 1992 : convention cadre de Rio

177 pays signataires d'un texte notifiant la nécessité de prendre des dispositions pour lutter contre les changements climatiques.

Novembre 1997 : accord de Kyoto et conférence de Tokyo

L'accord de Kyoto répartie les efforts de réduction d'émission de gaz à effet de serre entre les différents pays signataires de la convention de Rio à réaliser d'ici 2010.

La France s'engage à revenir au niveau d'émission constaté en 1990, soit une réduction répartie par secteur en Mtec (millions de tonnes équivalent carbone) :

Secteur	Réduction attendue en Mtec
Industrie	3,42
Transport	4,00
Bâtiment	2,66
Production d'énergie	2,63
Gaz frigorigènes	1,45
Déchets	1,1
Agriculture et forêts	0,75

Tableau 1 : effort pour la réduction de l'émission des gaz à effet de serre par secteur d'activité en France

La RT2000 doit permettre de remplir l'objectif environnemental grâce à :

- un renforcement programmé des exigences sur vingt ans (prochaine refonte prévue en 2005),
- un contrôle stricte, assorti de sanctions, du respect de l'application des directives,
- un effet d'entraînement dans le secteur de la rénovation par le transfert de technologies performantes,
- la formation des divers acteurs de la construction.

Contexte économique

Il s'agit d'une part de limiter le coût du logement (réduction des charges) et d'autre part de tenir compte de l'ouverture du marché européen (certification européennes des produits nationaux).

Principes, Exigences et Gardes fou de la RT 2000

La RT2000 se propose de caractériser le bilan énergétique des bâtiments de façon globale, en tenant compte des consommations en chauffage, en ventilation, en eau chaude sanitaire et pour les bâtiments non résidentiel des consommations en éclairage. Les consommations en climatisation seront prises en compte de manière précise d'ici deux ans, avant la refonte complète de la réglementation en 2005.

Principes généraux

La RT2000 fixe trois critères auxquels toute nouvelle construction devra satisfaire :

- la consommation prévisionnelle du bâtiment C doit être inférieure ou égale à la consommation prévisionnelle de référence « Créf »,
- la température conventionnelle intérieure d'été « Tci » ne doit pas dépasser la température conventionnelle intérieure de référence « Tciréf »,
- le bâtiment doit respecter les gardes fou techniques définis.

La nouvelle réglementation impose des performances énergétiques minimales et le respect du confort d'été.

La RT2000 s'applique à tous les bâtiments à partir de juin 2001.

Les performances thermiques des bâtiments sont fixés au niveau national, en utilisant des méthodes de calculs basées sur la normalisation européenne, quand elle existe, ou bien sur des méthodes de calculs moins conventionnelles et plus proches des phénomènes physiques, comparativement à la réglementation de 1988.

Exigences par champs

Il s'agit de favoriser les systèmes performants en détaillant les installations (fonctionnement, puissance électrique des auxiliaires, distribution, régulation...).

Champs	Exigences
Chauffage chaudière émetteur de chauffage	Améliorer les performances de 25%
	Prise en compte des pertes de génération des différentes phases de fonctionnement (relance, normal, réduit, arrêt) et des pertes de distribution, prise en compte de la consommation des auxiliaires
	Valorisation des émetteurs non stratifiant et prise en compte du mode de régulation
Eau chaude sanitaire (ECS)	2 types d'installation : avec et sans volume de stockage Calcul d'un besoin hebdomadaire en ECS fonction du secteur d'activité, de la zone climatique et du mois considéré. Puis calcul du besoin annuel par sommation.
Ventilation	Amélioration des performances de 20 à 60% selon les secteurs d'activité des bâtiments pour assurer la pérennité du bâti et garantir la santé des occupants.
Confort d'été	L'objectif est de limiter l'inconfort d'été des bâtiments non climatisés en tenant compte de l'environnement climatique et acoustique et des possibilités techniques et économiques.
Eclairage	Réduire les puissances installées et valoriser les systèmes de commandes performants ainsi que l'accès à la lumière naturelle.

Tableau 2 : panorama de la RT2000 par champs d'application

Gardes-fous

Les gardes-fous techniques sont définis pour l'isolation de l'enveloppe, la ventilation, l'étanchéité à l'air, les systèmes de climatisation, de chauffage, d'éclairage, d'eau chaude sanitaire et pour les protections solaires. Ils concernent chaque partie du bâtiment.

Quelques exemples :

- Interdiction des radiateurs de classe énergétique A ou B,
- Interdiction des fenêtres métalliques sans rupteurs de pont thermique,
- Interdiction d'ici trois ans des chaudières à gaz avec veilleuse permanente,
- Pour les locaux non climatisés, obligation d'ouverture libre des baies de 30% de la surface vitrée dans le cas général et réduit à 10% pour les constructions de grande hauteur,
- Obligation d'installation d'un interrupteur à chaque issue ou d'un système de détection de présence ou de mise à disposition d'une télécommande à chaque poste de travail.

L'éclairage dans la RT2000

La réglementation thermique impose l'évaluation de la consommation annuelle en éclairage C_{ecl} pour les bâtiments non résidentiel.

Les valeurs de référence à utiliser pour calculer la consommation en éclairage de référence $C_{ecl_{réf}}$ se présentent comme suit :

⇒ Le calcul de la consommation annuelle en éclairage est fait en appliquant :

$$C_{ecl} = \sum_{zones} P_{ecl_{zone}} t_{ecl_{zone}}$$

où :

$P_{ecl_{zone}}$ est la puissance installée par zone du bâtiment en éclairage artificiel (source + accessoires). Si la puissance installée n'est pas connue alors on pose :

$$P_{ecl} = 1,5 P_{ecl_{réf}}$$

et $t_{ecl_{zone}}$ est le temps d'allumage de l'installation d'éclairage artificiel, en fonction de l'accès à la lumière naturelle, du système de commande, de la zone climatique et de l'activité de la zone.

La puissance installée de référence $P_{ecl_{réf}}$ est fonction de l'activité du bâtiment.

Secteur	Puissance installée de référence en W/m ²
Commerces	16
Bureau	16
Enseignement	15
Sanitaire sans hébergement	15
Spectacle, conférence	15
Industrie	15
Sanitaire avec hébergement	12
Hôtellerie et hébergement	12
Restauration à visée commerciale	12
Restaurant sur lieu de travail	12
Restaurant sur lieu d'enseignement	12
Sportif	10
Stockage	10
Transport	10
Autre	12

Tableau 3 : puissance installée de référence en éclairage (source + accessoires)

Les éclairages suivants ne doivent pas être pris en compte :

- éclairage extérieur,
- éclairage logements de fonction,
- éclairage parkings,
- éclairage de sécurité,
- mise en valeur,
- éclairage de process.

L'éclairage dans la RT2000

⇒ Le calcul met en œuvre d'autres critères tels que :

- le temps d'allumage par rapport à l'activité du bâtiment
- la lumière naturelle
- la zone climatique
- la commande de l'installation d'éclairage artificiel

La RT 2000 valorise les systèmes de gestion de l'éclairage artificiel et la lumière naturelle selon des coefficients de pondération

Dispositif de gestion	C_1 (allumage de nuit)	C_4 (allumage de jour)
Interrupteur à commande manuelle	1	0,6
Horloge et interrupteur	0,9	0,6
Interrupteur + détecteur de présence pour l'extinction	0,8	0,6
Régulation de l'éclairement intérieur avec gradation	Sans objet	0,4
Locaux sans accès à la lumière du jour	Sans objet	1

Tableau 4 : coefficients correctifs C4 et C1 : commande de l'installation d'éclairage artificiel

14.4 Eclairage extérieur des lieux de travail - NF EN 12-464

a

Les exigences d'éclairage des postes de travail extérieurs avec leurs zones associées sont décrites sous la forme de quatre critères dans les projets de norme EN 12464-2 et CIE S008.

- **La valeur de l'éclairement moyen à maintenir** dans la zone de travail sur la tâche visuelle est reliée à celle de la zone environnante (ces zones sont définies par un maillage de points de calcul et de mesure) pour éviter la fatigue visuelle, suivant une relation décrite dans le *tableau 2*.
- **L'uniformité d'éclairement E/E** est donnée pour chaque type de zones, tâches et activités ; la valeur de l'uniformité dans les zones environnantes ne doit pas être inférieure à 0,10.
- **L'indice d'éblouissement GR** (glare rating en anglais) est déterminé à partir de la méthode de la CIE. Pour une installation d'éclairage, la valeur de GR est calculée dans le projet d'éclairage ; elle doit être inférieure à une valeur seuil donnée dans le tableau de la norme. L'éblouissement lié à la luminance de voile et aux réflexions indésirables peut être atténué par une disposition judicieuse du poste de travail et des luminaires, une limitation de la luminance ou une augmentation de la surface lumineuse de ceux-ci.
- **Une valeur minimale de l'indice de rendu des couleurs (IRC ou Ra)** est requise ; pour que les couleurs de sécurité soient toujours reconnues comme telles, il faut que les sources de lumière aient un indice de rendu des couleurs supérieur ou égal à 20.

Le contrôle des nuisances lumineuses est abordé dans ces normes sous l'aspect de la limitation du halo lumineux, de la luminance des bâtiments et de la lumière indésirable suivant les quatre zones de la CIE qui correspondent à une luminosité ambiante nulle, faible, moyenne ou forte.

Le tableau 3 donne les valeurs prescrites pour l'éclairage de quelques tâches et activités

Zones	Tâches et activités	Emoy (lux)	Emin/Emoy	GR	R _a
Circulation générale	Trottoirs piétons	5	0,25	50	20
	Véhicules lents	10	0,40	50	20
	Véhicules 40 km/h maxi	20	0,40	45	20
	Passages piétons	50	0,40	45	20
Site industriel	Manutention de courte durée	20	0,25	55	20
	Manutention continue	50	0,40	50	20
	Plate-forme de chargement	100	0,50	45	20
Parc de stationnement automobile	Circulation peu intense	5	0,25	55	20
	Circulation moyenne	10	0,25	55	20
	Circulation intense	20	0,25	55	20

Tableau 3. Exigences relatives pour les zones, tâches et activités

14.5 Performance énergétique des bâtiments NF-EN 15193-1

a

Le projet de norme EN 15193-1, qui sera publiée en 2006, traite de la performance énergétique des bâtiments et donne l'évaluation de l'énergie utilisée et la définition des indices de performances ; un indicateur de performance énergétique est défini qui donne la consommation de l'éclairage en kWh/m²/an suivant la puissance totale installée de l'éclairage, le temps d'occupation des locaux et des facteurs de pondération dépendant de l'incidence de la lumière du jour et de la contribution des systèmes de gestion de la lumière électrique. Cette norme sera complétée par la norme EN 15193-2 qui donnera un référentiel des exigences énergétiques de l'éclairage.

14.6 Installations sportives et normalisation NF-EN 12193

a

La norme **NF EN12193** présente les principes généraux que l'on doit appliquer à une installation d'éclairage sportif pour que soient assurées de bonnes conditions de visibilité aux sportifs, arbitres et spectateurs.

Certaines fédérations ont intégré la norme européenne pour l'homologation d'installations aux compétitions selon plusieurs niveaux. Il est conseillé de se rapprocher des instances dirigeantes pour tout projet.

La norme précise les exigences d'éclairage de 60 sports parmi les plus pratiqués en Europe en termes :

- De niveaux d'éclairements moyens à maintenir (horizontaux et éventuellement verticaux) et de facteurs d'uniformité ;
- De limitation de l'éblouissement ;
- D'indice de rendu des couleurs.

Ces critères s'entendent pour des exigences minimales établies dans les projets d'éclairage ; elles sont destinées à être contrôlées lors de la réception sur le site et vérifiées tout au long de la durée de vie de l'installation ; le niveau d'éclairement prescrit correspond à l'éclairement moyen sous lequel on ne doit pas descendre avant l'entretien de l'installation – cette valeur à maintenir correspond à 80 % de la valeur initiale calculée dans le projet d'éclairage ou mesurée sur le site dans le cas où le facteur de maintenance n'est pas agréé.

La limitation de l'éblouissement des installations sportives intérieures peut être évaluée par le calcul suivant la méthode du taux d'éblouissement unifié UGR de la norme NF en 12464-1 (éclairage intérieur des lieux de travail).

Dans les installations d'éclairage extérieures, on retient les valeurs du taux d'éblouissement défini dans la norme NF EN 12464-2 (éclairage extérieur des lieux de travail). Des restrictions d'implantation des luminaires sont introduites pour éviter l'éblouissement des joueurs dans certains sports (basket par exemple).

La norme décrit des maillages de référence des points de calcul et de mesure et les exigences spécifiques pour la télévision couleur et les films. Pour les sports à risques (ski, natation, gymnastique, cyclisme, etc.), les taux de fonctionnement admis de l'éclairage réduit varient d'un sport à l'autre de trente secondes à deux minutes.

Trois niveaux de classes d'éclairage ont été définis suivant le type de pratique et la distance de vision des spectateurs ; ces classes d'éclairage sont choisies d'après le niveau de compétition dans le *tableau 4*.

Pour chaque sport, les exigences sont répertoriées dans un tableau qui donne :

- Les caractéristiques géométrique de l'aire de référence sur laquelle s'appliquent les exigences et le nombre des points du maillage ;
- Le niveau d'éclairement horizontale à maintenir (et éventuellement vertical) et l'indice de rendu des couleurs relativement à la classe d'éclairage de l'installation.

D'après la vitesse de l'action pendant la prise de vue de la caméra et de la taille des ballons, une classe A, B, C est affectée en cas de retransmission par TV couleur pour chaque sport pratiqué.

Les *tableaux 5 et 6*, extraits de la norme, donnent les exigences d'éclairage requises pour quelques sports pratiqués en intérieur et en extérieur.

Le guide AFE de la norme d'éclairage des installations sportives

L'apparition de normes en éclairage implique une révision des recommandations de l'AFE. Un guide de la norme NF EN 12193 est en cours d'élaboration ; il est destiné aux concepteurs et aux bureaux d'étude et tiendra compte des derniers progrès des équipements et des techniques, des méthodes du projet d'éclairage et des exigences les plus récentes des fédérations sportives concernées.

Ce guide sera accompagné d'une brochure destinée à la promotion de l'éclairage des installations sportives de qualité ; réalisée en partenariat avec le ministère des Sports, elle sera destinée aux maîtres d'ouvrage et gestionnaires et traitera des nouveaux enjeux liés à la programmation des équipements sportifs (développement durable, gestion des ressources énergétiques et environnementales, relation entre la lumière naturelle et électrique).

	Niveau de compétition		Classe d'éclairage	
	I	II	III	
International et national	•			
Régional	•	•		
Local	•	•	•	
Entraînement		•	•	
Loisirs/Sports scolaires			•	

Tableau 4. Choix des classes d'éclairage

Sport ⁽¹⁾	Groupe CTV	Classe D'éclairage	Eclairage horizontal		Indice de rendu des couleurs
			E_{moy} (lux)	E_{min} / E_{moy}	
Basketball	B	I	750	0,7	60
Handball	B	II	500	0,7	60
Judo	B	III	200	0,5	20
Tennis	B	I	750	0,7	60
	B	II	500	0,7	60
	B	III	300	0,5	20

Tableau 5. Exigences d'éclairage requises pour les installations sportives intérieures

Sport	Groupe CTV	Classe D'éclairage	Eclairage horizontal		GR	Indice de rendu des couleurs
			E(lux)	E/E		
Athlétisme	A	I	500	0,7	50	60
	A	II	200	0,5	55	60
	A	III	100	0,5	55	20
Football	B	I	500	0,7	50	60
Rugby	B	II	200	0,6	50	60
	B	III	75	0,5	55	20
Tennis	B	I	500	0,7	50	60
	B	II	300	0,7	50	60
	B	III	200	0,6	55	20

Tableau 6. Exigences d'éclairage requises pour les installations sportives extérieures

14.7 La récupération et le recyclage de sources lumineuses

a

Suite du texte de loi n°2005-1720 du 30 décembre 2005

... « Les coûts de collecte sélective des déchets d'équipements électriques et électroniques ménagers supportés par les collectivités territoriales sont compensés par un organisme coordonnateur agréé qui leur reverse la fraction équivalente de la contribution financière qu'il reçoit des personnes mentionnées au premier alinéa.

« Pendant une période transitoire courant à compter du 1^{er} janvier 2006 et jusqu'au 13 février 2011, et au 13 février 2013 pour certains de ces équipements figurant sur une liste fixée par arrêté des ministres chargés de l'écologie, de l'économie, de l'industrie et de la consommation, les personnes mentionnées au premier alinéa ainsi que leurs acheteurs font apparaître, en sus du prix hors taxe, en pied de factures de vente de tout nouvel équipement électrique et électronique ménager, les coûts unitaires supportés pour l'élimination de ces déchets.

« L'élimination de ces déchets issus des collectes sélectives est accomplie par des systèmes auxquels ces personnes contribuent financièrement de manière proportionnée et qui sont agréés ou approuvés par arrêtés conjoints des ministres chargés de l'économie, de l'industrie, de l'écologie et des collectivités territoriales.

« Ces coûts unitaires n'excèdent pas les coûts réellement supportés et ne peuvent faire l'objet de réfaction. Les acheteurs répercutent à l'identique ces coûts unitaires jusqu'au consommateur final et l'informent par tout moyen prévu à l'article L. 113-3 du code de la consommation. »