

L'éclairage à diodes électroluminescentes (LED)

Mise à jour avril 2017

Sommaire

Résumé de l'Avis.....	1
Enjeux.....	2
Description.....	2
Marché.....	2
Avantages et points de vigilance.....	3
Actions de l'ADEME.....	6
Pour en savoir plus.....	6

Résumé de l'Avis

Compte tenu de leur durée de vie très longue et de leur consommation électrique faible, les LED constituent une technologie prometteuse en matière d'éclairage économe. Les ampoules LED sont d'ores et déjà à privilégier pour l'éclairage domestique. En rénovation de l'éclairage des bâtiments tertiaires ou industriels, les luminaires LED sont à privilégier quand ils intègrent des fonctions de gestion de l'éclairage (détection de présence, variation en fonction de la lumière du jour...) permettant d'optimiser la consommation. La substitution des tubes fluorescents par des tubes à LED doit être limitée aux tubes fluorescents les moins efficaces du point de vue énergétique.

Les performances environnementales des lampes utilisant des LED, bien supérieures à celui des lampes à incandescence peuvent encore progresser, en particulier sur leur fabrication et leur recyclage. Même si une lampe LED est rentabilisée en moins de deux ans par rapport à une lampe halogène, le prix d'achat reste élevé. Les lampes fluocompactes restent des sources lumineuses compétitives.

En outre, l'ANSES a mis en garde contre certains risques sanitaires liés aux LED blanches et recommande certaines précautions d'usage (<https://www.anses.fr/fr/content/led-diodes-electroluminescentes>). Ces lampes à LED présentant sont interdites de mises sur le marché en application des dernières normes européennes.

Points forts :

- une grande flexibilité d'utilisation
- une durée de vie très importante
- une bonne efficacité énergétique, avec encore des marges de progression
- favorisent une gestion optimisée de l'éclairage

Points de vigilance :

- un coût à l'achat élevé, mais en baisse
- certaines lampes ne sont pas compatibles avec les variateurs
- des progrès à faire sur la conception et le recyclage des LED
- des risques sanitaires pour certaines catégories de LED

Enjeux

L'éclairage représente 10%¹ des consommations électriques d'un logement (hors chauffage et eau chaude). Dans le cadre de sa politique énergie, l'Union Européenne interdit, depuis septembre 2012, la mise sur le marché des ampoules à incandescence. Seules sont autorisées les lampes les plus performantes en matière énergétique : lampes halogènes de classe C ou D, lampes à LED² de classe A++ ou A+ et lampes fluo-compactes (ou lampes basse consommation) de classe A. Les lampes halogènes seront interdites à partir de 2018.

Si elles sont encore minoritaires sur le marché de l'éclairage, les lampes à LED sont de plus en plus performantes et pourraient représenter une grande partie de l'éclairage en 2020. Il existe également une offre de tubes LED sur le marché, en concurrence des tubes fluorescents.

Cet avis passe en revue les points forts et points de vigilance de l'éclairage à LED.

Description

Une diode électroluminescente (LED) est un composant électronique permettant la transformation de l'électricité en lumière. Ses principales applications, par ordre d'importance de marché, sont l'électronique mobile, les écrans, le secteur de l'automobile, l'éclairage et la signalisation.

Il est possible de classer les LED selon leur spectre lumineux :

- les **LED de couleur**, dont le spectre est quasiment monochromatique ;
- les **LED blanches**, dont le spectre est constitué de plusieurs longueurs d'ondes ; la technologie la plus utilisée actuellement pour produire de la lumière blanche avec des LED consiste à ajouter une fine couche de luminophore³ jaune dans une LED bleue.

¹ Source RTE - guide [ADEME « Réduire sa facture d'électricité »](#)

² LED est le sigle anglais pour Light Emitting Diode, traduit en français par le sigle DEL pour Diode Electroluminescente (mais peu utilisé).

³ Le luminophore est une substance qui, lorsqu'elle subit une excitation, émet de la lumière. Dans le cas précis des LED, le luminophore absorbe

ou selon leur puissance :

- les **LED de faible puissance**, inférieure à 1 Watt, sont par exemple utilisées comme voyants lumineux sur les appareils électroménagers ;
- les **LED de forte puissance**, supérieure à 1 Watt, supportent des courants plus importants (jusqu'à 5 Ampères) et fournissent davantage de lumière (jusqu'à 220 lumens par watt).

Pour l'éclairage, on utilise des lampes constituées de plusieurs LED de forte puissance accolées. Il existe également des modules LED, qui sont des assemblages d'une ou plusieurs LED.

Les tubes à LED sont des assemblages de LED sous forme tubulaire pour remplacer les tubes fluorescents de format T8 ou T5.

Enfin, les OLED, diodes électroluminescentes composées de matériaux organiques, sont aujourd'hui moins efficaces et restent chères, mais ont l'avantage de se présenter sous forme de surfaces lumineuses souples de haute qualité adaptées notamment au rétroéclairage. Elles ont un fort potentiel d'amélioration de leur efficacité énergétique.

Marché

Les propriétés de l'électroluminescence dans les semi-conducteurs ont été découvertes en 1922 puis industrialisées à partir de 1960 sous la forme de diodes de couleur. C'est seulement en 2000 que les LED de forte puissance et les LED blanches sont apparues, grâce à d'importants efforts de R&D, avec l'ambition de concurrencer les technologies existantes pour l'éclairage des particuliers, sur les lieux de travail ou en éclairage public.

Le marché de l'éclairage LED (tout confondu : bâtiments, éclairage public...) représente environ 18.5 milliards d'euros en 2016 et devrait atteindre 30 milliards d'euros en 2020⁴.

une partie du rayonnement bleu émis par le semiconducteur et émet majoritairement du jaune et du rouge. Le mélange de ces couleurs produit de la lumière blanche.

⁴ Source : Zion research

La part de marché des lampes à LED pour l'éclairage des bâtiments pourrait atteindre 35 % en 2017 et 61 % en 2020⁵.

La croissance du marché est conditionnée majoritairement par les baisses de prix relatif des éclairages LED comparé aux autres sources de lumière. La forte croissance actuelle des éclairages à LED s'explique principalement par une réduction drastique des coûts, notamment au niveau de l'encapsulation⁶ de la puce LED⁷. La pénétration des technologies dites puces "retournées", ou flip chip led, peut permettre de baisser les coûts, notamment pour le refroidissement de la puce.

Les principaux fabricants de LED pour l'éclairage proviennent de l'industrie du semi-conducteur et sont concentrés au Japon, aux U.S.A. et en Corée. Dans l'ordre : Nichia (Japon), Samsung LED (Corée du Sud), Osram Opto Semiconductors (USA et Allemagne), Philips Lumileds (USA) et Seoul Semiconductor (Corée du Sud) à égalité devant Cree (USA) et LG Innotek (Corée du Sud) suivi de Sharp (Japon), Everlight (Taïwan) et Toyoda Gosei (Japon). Si le composant LED reste fabriqué à l'étranger, la France compte des industriels qui conçoivent des produits d'éclairage à LED ainsi que des entreprises innovantes sur la technologie LED. Ces entreprises apportent une réelle plus-value technologique et sont créatrices d'emploi.

Avantages et points de vigilance

Avantages

Grande durée de vie

La durée de vie des lampes à LED est largement supérieure à celle des autres technologies : jusqu'à 40 000 heures contre 2 000 h pour les lampes halogènes et 8 000 h pour les lampes fluocompactes. Ainsi, l'achat et le remplacement d'une lampe LED sont moins fréquents, ce qui améliore la rentabilité de l'investissement.

Bonne efficacité énergétique avec un important potentiel de progression

Si une LED isolée affiche un très bon rendement énergétique (environ 150 lumens par watt (lm/W) et jusqu'à plus de 300 lm/W pour les plus performantes), une lampe à LED offre un rendement compris entre 75 et 140 lumens par watt. Cette baisse de rendement est notamment liée à la chaleur produite par les diodes accolées dans la lampe. Par ailleurs, le processus de fabrication des LED est relativement énergivore.

Ainsi, les lampes à LED actuellement mises sur le marché ont une efficacité énergétique supérieure de 1/3 à celle des lampes fluocompactes (LFC) (60 lm/W), lesquelles sont environ deux fois moins coûteuses. La technologie des lampes à LED évolue rapidement et la majorité des lampes destinées à l'éclairage domestique offre aujourd'hui une qualité d'éclairage satisfaisante. La réglementation européenne impose depuis septembre 2013 des critères de qualité précis⁸.

Aujourd'hui, même s'il faut successivement plusieurs LFC pour éclairer aussi longtemps qu'une seule lampe LED, le coût d'utilisation incluant l'achat plus la consommation d'électricité des deux technologies reste comparable, largement inférieur à celui des lampes halogènes.

⁵ Source McKinsey

⁶ L'encapsulation est l'intégration des puces LED dans un boîtier, souvent constitué de résine durcie, pour la protéger tout en dissipant la chaleur produite, souvent au moyen d'un drain thermique.

⁷ Source Strategies Unlimited

⁸ Nombre de cycles de commutation avant la défaillance, durée d'allumage, durée de préchauffage de la lampe pour atteindre 95% de leur potentiel d'éclairage, taux de défaillance prématurée, indice de rendu des couleurs (Ra), constance des couleurs, facteur de puissance de la lampe (FP) pour les lampes à appareillage de commande intégré.

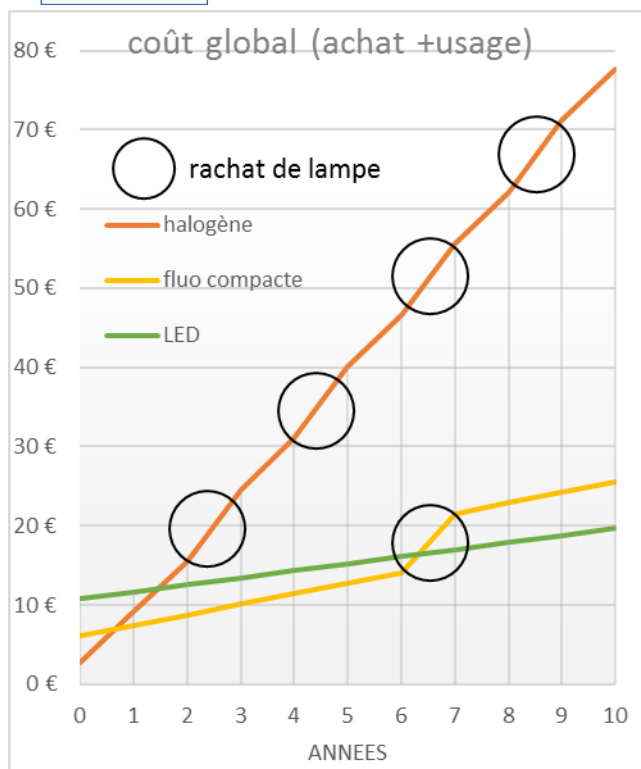


Figure 1 - Calcul des coûts d'utilisation de lampes (LED de 600 lumens, équivalente aux anciennes lampes de 60 Watt) - source ADEME

Toutefois, les évolutions technologiques devraient permettre d'améliorer l'efficacité des lampes LED pour la porter autour de 100 lm/W. Les lampes LED dites « à filament » pour leur ressemblance avec les anciennes lampes à incandescence ("filament" jaune, généralement droit et partie électronique cachée dans le culot) ont déjà des efficacités supérieures à 100 lm/W.

Gérer l'éclairage

Pour la rénovation de l'éclairage des bâtiments tertiaires, notamment de bureaux, les luminaires LED qui intègrent les fonctions de détection de présence et de variation en fonction de la lumière du jour favorisent une gestion optimisée de l'éclairage. Ceci permet de maîtriser la consommation électrique et de rentabiliser l'investissement plus vite.

D'autres avantages

Les sources de lumière à LED admettent des cycles d'allumage et d'extinction fréquents. Elles émettent instantanément le flux lumineux désiré, sans montée

en régime, ce qui peut s'avérer avantageux pour des applications spécifiques telles que les lieux de passage.

La compacité des LED les rend très intéressantes pour le remplacement des sources encastrées dans les faux plafonds telles que les spots halogènes ou les downlight⁹.

Les modules LED, directement mis en place dans un luminaire et qui peuvent intégrer une électronique de commande, facilitent la mise en œuvre de solutions de gestion de l'éclairage telles que la détection de présence ou la variation en fonction de la lumière du jour.

Les LED fonctionnent en très basse tension, ce qui peut être un avantage pour la sécurité électrique dans le bâtiment. Elles sont insensibles aux chocs, ce qui les rend plus robustes que les autres sources d'éclairage. Les LED de couleur peuvent être employées pour des jeux de lumière sans utilisation de filtre. Enfin, les LED ne contiennent pas de mercure.

Les lampes LED présentent différentes températures de couleur, laissant la possibilité au consommateur d'adapter la teinte de la lumière à son activité pour plus de confort.

Les tubes LED

Pour l'éclairage tertiaire, les luminaires LED peuvent dépasser l'efficacité des luminaires équipés de tubes fluorescents et peuvent être pourvus de systèmes embarqués permettant la détection de présence et la variation avec la lumière du jour.

En rénovation, le changement des tubes fluorescents par des tubes à LED est à réserver aux seuls tubes de format T8. Les LED émettent la lumière dans une direction donnée et leur assemblage pour former des tubes émettant à 360° pour remplacer les tubes fluorescents n'est pas optimal. Les tubes à LED à préconiser doivent émettre de la lumière uniquement vers le bas pour éviter les pertes dues au réflecteur, en gardant une vigilance particulière sur la répartition de la lumière. Ainsi, les tubes fluorescents de format T8 fonctionnant avec des ballasts ferromagnétiques¹⁰ qui sont largement répandus dans le secteur tertiaire peuvent être avantageusement remplacés par des tubes à LED de qualité, plus efficaces et durables. Les luminaires équipés de tubes fluorescents de format T5 restent eux compétitifs en terme d'efficacité.

⁹ Lampe encastrée dans le plafond dont le faisceau est dirigé vers le bas

¹⁰ Composants électriques utilisés pour réduire la chaleur dans un circuit électrique

Points de vigilance

Peu adapté à l'éclairage de forte puissance

Les luminaires LED sont encore mal adaptés à l'éclairage de grande hauteur de forte puissance en raison de la surchauffe que peut entraîner l'utilisation de nombreuses LED accolées.

Coût d'acquisition encore élevé

Une lampe à LED de qualité reste encore coûteuse à l'achat (10 à 20 euros). Les progrès techniques et le développement rapide des ventes devraient faire baisser les prix.

Un bilan environnemental bien inférieur à celui des lampes à incandescence mais à améliorer

L'impact environnemental d'une source lumineuse est principalement déterminé par son efficacité à produire la lumière et sa durée de vie. Au-delà de la consommation d'énergie en fonctionnement, la lampe à LED génère, lors de sa fabrication et en fin de vie, des impacts environnementaux. L'Agence internationale de l'énergie a ainsi compilé plusieurs analyses de cycle de vie des solutions d'éclairage permettant de comparer les performances environnementales des lampes incandescentes, des LFC et des LED. La phase de fabrication a un impact non négligeable. Il est à noter que ces conclusions, tirées d'études internationales, considèrent un taux d'émissions de gaz à effet de serre du kWh électrique supérieur à celui de la France métropolitaine. L'impact environnemental des LFC et des LED est bien inférieur à celui des lampes à incandescence (elles permettent de réduire jusqu'à 75% des impacts). Les progrès à venir sur l'efficacité lumineuse et la durée de vie des LED devraient leur permettre, à terme, d'afficher le meilleur bilan environnemental de toutes les lampes, avec une réduction des impacts environnementaux de 85% par rapport aux lampes à incandescence. Ce bilan peut également être amélioré par des progrès sur la fabrication et le recyclage.

Aujourd'hui, certains matériaux utilisés pour la fabrication des LED, en particulier l'indium, peuvent poser des problèmes d'approvisionnement. Par ailleurs, ces matériaux ne se recyclent pas. L'enjeu est donc de réduire la quantité de ces matériaux dans la LED et de réussir à les recycler. Les fabricants de LED peuvent agir en prévoyant dès la conception, le démontage et le recyclage de la source à LED (lampe ou module).

Précautions sanitaires sur certains types de LED

L'ANSES¹¹ a mis en garde, en octobre 2010, les consommateurs sur les risques sanitaires liés à la forte proportion de lumière bleue émise par les éclairages à LED de couleur blanc froid et bleu. L'ANSES recommande¹² d'éviter l'utilisation de ces types de lampes dans les lieux fréquentés par les enfants ou dans les objets qu'ils utilisent (jouets notamment), ainsi que pour les personnes sensibles à la lumière. L'Agence internationale de l'énergie recommande, quant à elle, de se tenir à plus de 20 cm de ces LED. Pour plus de précisions, se référer à l'avis de l'ANSES. Les lampes à LED présentant les risques photobiologiques pointés par l'ANSES sont interdites de mises sur le marché en application des dernières normes¹³ européennes.

Compatibilité avec des variateurs

Même si pour beaucoup de produits à base de LED, l'intensité de l'éclairage peut être modulée, certaines lampes LED ne sont pas compatibles avec des variateurs.

Les smartlamps

Aujourd'hui, des lampes LED peuvent intégrer un récepteurs Bluetooth et un haut-parleur pour diffuser de la musique, d'autres peuvent changer de couleur et d'intensité à la demande à partir d'un Smartphone et certains luminaires permettent diffuser le LiFi (WiFi par la lumière)... Attention cependant, ces fonctionnalités supplémentaires font souvent fortement baisser l'efficacité globale de la source LED par rapport à une source LED conventionnelle¹⁴.

¹¹ Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

¹² <https://www.anses.fr/fr/content/led-diodes-%C3%A9lectroluminescentes>

¹³ Norme NF EN 62560 obligatoire d'après la directive européenne dite "basse tension" 2014/35/UE

¹⁴ Source IEA-4E-SSL annexe

Actions de l'ADEME

L'ADEME accompagne les travaux de recherche et de développement menés sur les LED depuis le début des années 2000. L'Agence s'attache, à travers sa participation à des projets de recherche français et internationaux, à favoriser le développement de produits à LED performants et de référentiels permettant d'assurer la qualité des produits mis sur le marché. Partie prenante du programme « 4E¹⁵ » mené par l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), l'ADEME a mis en place en 2010 une annexe sur les LED (groupe de travail international) qui a défini des critères de qualité et d'efficacité des éclairages à LED, un protocole de mesures international qui a permis aux laboratoires volontaires de tester leurs capacités de mesures des produits à LED. Cette annexe qui regroupe 9 pays¹⁶ a été reconduite pour 5 ans.

Pour en savoir plus

Publication

Guide ADEME « Choisir son éclairage » :
<http://www.ademe.fr/choisir-eclairage>

Sites Internet

Site de l'ADEME : <http://www.ademe.fr/particuliers-eco-citoyens/habitation/bien-gerer-habitat/leclairage>

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

¹⁵ Energy Efficient End-use Equipment

¹⁶ Australie, Chine, Corée du Sud, Danemark, France, Japon, Suède, Royaume Unis et les USA.