



L'éclairage à diodes électroluminescentes (LED)

Enjeux

L'éclairage représente 12% 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 A, B ou C, lampes à LED¹ et lampes fluo-compactes (ou lampes basse consommation) de classe A. Les lampes halogènes pourraient toutefois être interdites à partir de 2016.

Si elles sont encore assez peu répandues 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. Cet avis passe en revue les points forts et points de vigilance de l'éclairage à LED.

En résumé

Points forts :

- une grande flexibilité d'utilisation
- une durée de vie très importante
- une bonne efficacité énergétique, avec des marges de progression

Points de vigilance :

- un coût à l'achat élevé, mais en baisse
- des progrès à faire sur la conception et le recyclage des LED
- des risques sanitaires pour certaines catégories de 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 phosphore jaune dans une LED bleue.
- 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 montées sur une carte de circuit imprimé, avec ou sans dispositifs de commande de la lumière. Les modules LED nécessitent généralement des luminaires spécifiques, mais certains peuvent aussi être mis en œuvre dans des luminaires existants. Comme les lampes LED, ils sont remplaçables.

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.

¹ LED est le sigle anglais pour Light Emitting Diode, traduit en français par le sigle DEL pour Diode Electroluminescente (mais peu utilisé).

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 extérieur.

Aujourd'hui, la majorité des LED produites sont utilisées pour le rétro-éclairage des écrans de tablettes numériques, smartphones et téléviseurs. A l'horizon 2016, l'éclairage domestique devrait constituer le plus gros segment de marché des LED, qui seront peu à peu remplacées pour l'éclairage des écrans par les OLED.

La part de marché des lampes à LED pour l'éclairage pourrait atteindre 45 % en 2016 et 70 % en 2020².

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'encapsulation de la puce LED³.

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.

Bonne efficacité énergétique avec un important potentiel de progression

Si une LED isolée affiche un très bon rendement énergétique (environ 150 lm/W et jusqu'à 220 lm/W pour les plus performantes), une lampe à LED offre un rendement compris entre 40 et 80 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 généralement une efficacité énergétique supérieure 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 précis⁴.

Aujourd'hui, même s'il faut successivement plusieurs LFC pour éclairer aussi longtemps qu'une seule lampe LED, le bilan énergétique global (comprenant l'étape de fabrication et d'utilisation) des deux technologies reste comparable.

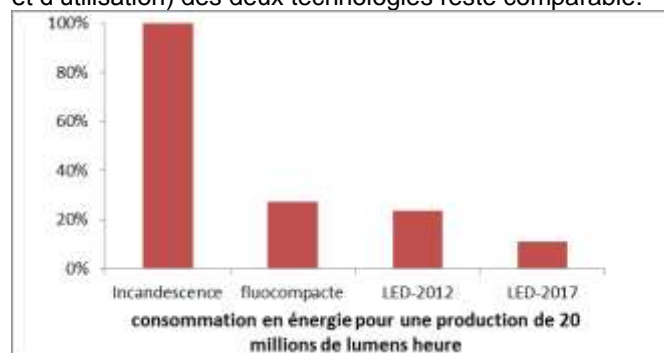


Figure 1 - source AIE, 2014

Toutefois, les évolutions technologiques devraient permettre d'améliorer l'efficacité des lampes LED pour la porter autour de 100 lm/W. Les LED « super lumineuses » peuvent déjà, en laboratoire, atteindre une efficacité énergétique allant jusqu'à 220 lm/W.

D'autres avantages

Les sources 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.

⁴ 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.

Avantages/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.

² Source McKinsey

³ Source Strategies Unlimited

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 downlight⁵.

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.

Points de vigilance

Peu adapté à l'éclairage de forte puissance

Les lampes LED sont encore mal adaptées à l'éclairage de forte puissance, notamment au marché de l'**éclairage public** 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 très coûteuse à l'achat (15 à 25 euros). Les progrès techniques et le développement rapide des ventes devraient faire baisser les prix.

Un bilan environnemental à améliorer

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.

L'impact environnemental d'une source lumineuse est principalement déterminé par son efficacité à produire la lumière et sa durée de vie. Ainsi, 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 et le gallium, sont considérés comme critiques car les ressources s'épuisent. 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 lampe.

Précautions sanitaires sur certains types de LED

L'ANSES⁶ 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 recommande⁷ 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.

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 « 4 E⁸ » mené par l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), l'ADEME a mis en place en 2010 une annexe sur les LED⁹ 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 pays¹⁰ a été reconduite pour 5 ans.

En matière d'éclairage public, l'Agence soutient, sous certaines conditions¹¹, des opérations permettant un retour d'expérience pour l'application de cette technologie dans les politiques locales d'économie d'énergie.

⁶ Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

⁷ <https://www.anses.fr/fr/content/led-diodes-%C3%A9lectroluminescentes>

⁸ Energy Efficient End-use Equipment

⁹ <http://ssl.iea-4e.org/>

¹⁰ Australie, Chine, Corée du Sud, Danemark, France, Japon, Suède, Royaume Unis et les USA.

¹¹ Étude préalable incluant un volet conception de l'éclairage et un volet énergétique (comparaison de consommation par rapport aux lampes fluorescentes ou sodium).

⁵ Lampe encastrée dans le plafond dont le faisceau est dirigé vers le bas



Avis de l'ADEME

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 et sont d'ores et déjà à privilégier pour certaines applications, notamment en remplacement des spots halogènes encastrés au plafond.

Les performances environnementales des lampes utilisant des LED peuvent toutefois encore progresser, en particulier sur leur fabrication et leur recyclage. Par ailleurs, leur prix reste élevé.

En outre, l'ANSES a mis en garde contre certains risques sanitaires liés aux LED blanches et recommande certaines précautions d'usage.

POUR EN SAVOIR PLUS

Publications

- guide ADEME « Bien choisir son éclairage »

Sites Internet

- www.ecocitoyens.ademe.fr
- www.afe-eclairage.com