

AVIS
DE L'AGENCE NATIONALE DE SECURITE SANITAIRE DE L'ALIMENTATION,
DE L'ENVIRONNEMENT ET DU TRAVAIL

relatif à la saisine « Effets sanitaires des systèmes d'éclairage utilisant des diodes électroluminescentes (LED) »

L'Anses a pour mission de contribuer à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'alimentation, de l'environnement et du travail et d'évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du Code de la santé publique).

1. PRESENTATION DE LA QUESTION POSEE

La Directive européenne pour l'éco-conception (2005/32/CE) dite « EuP » (*Energy using Products*) prévoit l'amélioration des performances énergétiques de certains produits de consommation courante. Cette directive a été transposée en 2007 par les États membres de l'Union européenne et son entrée en vigueur planifiée entre 2008 et 2010.

En application de la Directive EuP, la Commission européenne, par décision du 18 mars 2009, a prévu une interdiction progressive de la commercialisation des lampes les plus consommatrices d'énergie, suivant un calendrier s'étalant du 1^{er} septembre 2009 au 1^{er} septembre 2016. Les ampoules fluo-compactes, dites « basse consommation », ou d'autres sources d'éclairage comme les diodes électroluminescentes (LED)¹ plus économes en énergie, ont pour vocation, à terme, à les remplacer.

Les diodes électroluminescentes sont des sources d'éclairage en plein développement technologique et économique. Utilisées depuis de nombreuses années dans l'électronique comme sources de lumière monochromatiques de faible intensité pour des applications de témoins lumineux, elles trouvent aujourd'hui leur place dans des systèmes d'éclairage à part entière.

La première LED à spectre visible, émettant une intensité lumineuse extrêmement faible, a été créée en 1962. La diode bleue a été inventée en 1990, suivie par la mise au point de la diode blanche, ouvrant la voie à de nouvelles applications majeures, notamment dans le domaine de l'éclairage et des écrans de télévisions et d'ordinateurs. Les premières LED blanches sont peu à peu apparues sur le marché et sont maintenant de plus en plus

¹ Nous utiliserons le terme « LED » pour désigner les diodes électroluminescentes, plutôt que l'acronyme français DEL, beaucoup moins usité.

puissantes² (de quelques watts à quelques dizaines de watts). Pour produire de la lumière blanche, le procédé le plus répandu couple une LED bleue à un phosphore jaune.

La société OSYRIS³ s'est inquiétée, dans un courrier à destination de l'Institut de veille sanitaire (InVS) datant du 27 décembre 2007, des possibles impacts des LED sur la rétine. Dans ce courrier était souligné le lien possible entre l'exposition de l'œil à des rayonnements de longueurs d'ondes courtes, proches des ultraviolets (caractéristiques des spectres lumineux des LED) et le risque d'induire une pathologie oculaire : la dégénérescence maculaire. L'InVS a transféré la lettre de la société OSYRIS à l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset⁴) dans un courrier daté du 14 janvier 2008.

Parallèlement, la question de l'impact des LED sur la santé au travail a été soulevée lors de discussions informelles entre l'Afsset et la Direction générale du travail (DGT), celle-ci étant alertée par les projets récents d'éclairage intérieur de bâtiments au moyen de LED. Il est en effet probable que le développement de ce type de solutions d'éclairage s'accélère, notamment pour des raisons de coût économique, tant pour des applications impliquant la population générale que professionnelle.

2. CONTEXTE SCIENTIFIQUE ET NORMATIF

L'éclairage représente en France 10 % de la consommation électrique totale, soit 350 kWh par an et par ménage⁵. Les LED sont des systèmes d'éclairage beaucoup moins consommateurs d'énergie que d'autres types d'éclairage et ont des durées de vie beaucoup plus longues.

Les lampes à incandescence ont une efficacité lumineuse de l'ordre de 10 à 15 lumens⁶ par Watt (lm / W), les lampes halogènes de l'ordre de 15 à 30 lm / W, les lampes fluorescentes compactes de l'ordre de 50 à 100 lm / W. Actuellement, certaines LED atteignent des rendements allant jusqu'à 100 à 150 lm / W, avec des prévisions pour 2020 de l'ordre de 200 lm / W⁷.

La définition de la durée de vie d'une LED n'est pas à ce jour normalisée. Les estimations prévoient cependant pour les LED actuelles des durées de vie importantes, jusqu'à 50 000 h⁸, soit cinquante fois celles des lampes à incandescence, et 3 à 5 fois celles des lampes fluorescentes compactes.

La technologie des LED, qui présente certains avantages par rapport aux autres types d'éclairage (efficacité énergétique, durée de vie), est en pleine évolution. Ses domaines d'application sont larges : éclairage public, domestique et professionnel, installations sportives, voyants lumineux (jouets, signalétique, etc.), éclairage des véhicules, produits à visée thérapeutique (luminothérapie). Néanmoins, la qualité de la lumière (température de

² Source ADEME : « Les LED de faible puissance c'est-à-dire inférieure à 1 Watt sont utilisées comme voyant lumineux sur les appareils électroménagers par exemple. Les LED de forte puissance c'est-à-dire supérieure à 1 Watt supportent des courants plus importants (jusqu'à 1 500 mA) et fournissent davantage de lumière (135 lm / W) ».

³ Société française spécialisée dans les lasers et leurs applications dans les domaines médical et industriel.

⁴ L'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) et l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) ont fusionné le 1^{er} juillet 2010 pour créer l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses).

⁵ Source ADEME 2010.

⁶ Le lumen est l'unité utilisée pour quantifier le flux lumineux, elle exprime la quantité totale de lumière émise par une source. La candela est l'unité utilisée pour exprimer la quantité de lumière émise dans une direction donnée. La quantité de lumière reçue sur une surface s'exprime en lux.

⁷ La limite théorique de l'efficacité lumineuse des sources lumineuses est fixée à 683 lm / W.

⁸ Source ADEME 2010

couleur⁹, indice de rendu de couleur¹⁰) émise par ces lampes ne présente pas toujours le même niveau de performance que pour les autres sources d'éclairage.

Il existe actuellement trois méthodes pour réaliser une diode électroluminescente émettant de la lumière blanche :

- 1 : combiner une diode émettant une longueur d'onde courte (dans le bleu) avec un luminophore jaune ;
- 2 : utiliser une diode émettant dans l'ultraviolet proche couplée à un ou plusieurs luminophores ;
- 3 : utiliser au moins trois diodes émettant des longueurs d'ondes visibles qui se combinent pour donner une lumière blanche.

À ce jour, la méthode la plus rentable économiquement et la plus utilisée est la méthode 1. Les conclusions présentées dans cet avis concernent les LED mettant en œuvre cette première méthode. Elles ne peuvent donc être extrapolées aux LED qui mettraient en œuvre d'autres méthodes de production de la lumière blanche.

Des composantes intenses dans la partie bleue du spectre de la lumière émise par les LED, ainsi que les intensités de rayonnement associées posent la question de nouveaux risques sanitaires liés à ces sources d'éclairage.

Quelques travaux scientifiques [Dawson *et al.*, 2001¹¹, Ueda *et al.*, 2009¹²] s'appuyant sur des expériences réalisées sur des singes en laboratoire avec des LED bleues laissent en effet suspecter un danger pour la rétine lié à l'exposition à des diodes électroluminescentes.

Pour sa part, Altkorn [Altkorn *et al.*, 2005] s'est intéressé à l'impact sanitaire des LED en décrivant le débat qui existait sur le positionnement des LED dans le contexte normatif : doivent-elles être classées, en matière de risque photobiologique, selon les normes relatives aux lasers ou selon les normes relatives aux sources incohérentes ? Jusqu'en 2008, en effet, les LED étaient considérées de la même manière que les sources laser. Depuis janvier 2008, la norme « lasers » NF EN 60825-1 recommande d'utiliser, pour les dispositifs à LED, la norme de sécurité photobiologique relative aux sources incohérentes CIE¹³ S009:2002 « *Photobiological safety of lamps and lamp systems* » transcrite dans une norme française (NF EN 62471) en décembre 2008.

3. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

Le sujet de l'impact sanitaire des LED a été discuté lors de la réunion du 23 septembre 2008 du Comité d'experts spécialisés (CES) « Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements » de l'Afsset. Le CES a jugé cette thématique suffisamment

⁹ La température de couleur d'une lumière blanche permet de définir sa teinte, plus ou moins chaude ou froide ; les lumières de teintes chaudes « tirent » sur le jaune-orangé et ont une température de couleur inférieure à 3 000 K. Plus la température de couleur augmente et plus la teinte est dite « froide ».

¹⁰ L'Indice de Rendu des Couleurs (IRC) est un indice compris entre 0 et 100 qui définit l'aptitude d'une source lumineuse à restituer les différentes couleurs des objets qu'elle éclaire, par rapport à une source de référence. La lumière solaire a un IRC de 100, tandis que certaines lampes à vapeur de sodium basse pression (utilisées dans les tunnels routiers par exemple) ont un IRC de 20. Dans les magasins, les locaux scolaires ou les bureaux, l'IRC devrait toujours être supérieur à 80.

¹¹ Dawson, *et al*, *Local fundus response to blue (LED and laser) and infrared (LED and laser) sources*, Exp. Eye Res., 73(1):137-47 2001

¹² Ueda *et al*, *Eye damage control by reduced blue illumination*, Exp. Eye Res, 89(6):863-8. 2009

¹³ CIE : Commission Internationale de l'Eclairage

préoccupante et s'est déclaré favorable à traiter cette question sous la forme d'une auto-saisine de l'Agence.

Le Conseil scientifique a donné un avis favorable, le 29 septembre 2008, à l'auto-saisine de l'Afsset sur la question des impacts sanitaires liés à l'usage des systèmes d'éclairage par diodes électroluminescentes. La réalisation de cette expertise a été confiée au CES « Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements ». Sur avis du CES, l'agence a mandaté un groupe de travail pour instruire cette expertise. Ce groupe de travail a été constitué, à la suite d'un appel à candidatures public ouvert du 12 décembre 2008 au 12 mars 2009, d'experts en ophtalmologie, en dermatologie, en éclairage et en physique des rayonnements optiques.

Le groupe de travail s'est réuni à 10 reprises en sessions plénières, du 13 mai 2009 au 26 mars 2010. Il a par ailleurs sollicité l'audition d'experts scientifiques nationaux, internationaux et de représentants de l'Association française de l'éclairage (AFE) afin d'obtenir toutes les informations pertinentes pour répondre à cette auto-saisine. Pour réaliser cette expertise, le groupe de travail s'est appuyé sur une large revue de la littérature scientifique internationale complétée par des auditions de personnalités scientifiques. Une contribution écrite portant sur le marché de l'éclairage français et européen et sur le recyclage des lampes a été sollicitée auprès de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie).

L'analyse bibliographique entreprise par le groupe de travail « LED » a été aussi exhaustive que possible. Les travaux scientifiques pris en compte dans le rapport sont issus de publications écrites dans des revues internationales anglophones à comité de lecture.

Les travaux d'expertise du groupe de travail ont été soumis régulièrement au CES, tant pour les aspects méthodologiques que scientifiques. Le rapport produit par le groupe de travail tient compte des observations et éléments complémentaires transmis par les membres du CES.

Ces travaux d'expertise sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires. Ils ont été réalisés dans le respect de la norme NF X 50-110 « qualité en expertise » avec pour objectif de respecter les critères de compétence, d'indépendance et de transparence, tout en assurant leur traçabilité.

4. RESULTAT DE L'EXPERTISE COLLECTIVE

L'expertise des membres du groupe de travail s'est articulée autour de différents axes :

- un état des lieux de l'éclairage ;
- une présentation de la technologie des LED ;
- une analyse de l'interaction de la lumière avec les systèmes biologiques (œil, peau) ;
- une synthèse de la normalisation applicable aujourd'hui aux LED ;
- une analyse des effets sanitaires potentiels des LED.

Une particularité de ce travail réside notamment dans les calculs et mesures effectués par les membres du groupe de travail dans leurs laboratoires respectifs (CSTB¹⁴, INRS¹⁵, LNE¹⁶) pour classer, en matière de groupe de risque, quelques exemples de systèmes à LED selon la norme de sécurité photobiologique applicable aux LED (NF EN 62471).

¹⁴ CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

¹⁵ INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles.

¹⁶ LNE : Laboratoire National de Métrologie et d'Essais.

Le CES « Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements » a adopté les travaux d'expertise collective ainsi que ses conclusions et recommandations, lors de sa séance du 3 juin 2010 et a fait part de cette adoption à la Direction générale de l'Agence.

5. AVIS ET RECOMMANDATIONS

Le présent avis se fonde sur le travail du groupe d'expertise collective LED et du CES « Agents physiques, nouvelles technologies et grands aménagements ». Il reprend notamment les conclusions et recommandations formulées dans le rapport et la note de synthèse d'expertise collective du CES et formule des propositions de gestion des risques complémentaires.

CONCLUSIONS DE L'EXPERTISE COLLECTIVE

A l'issue du travail d'analyse de la littérature scientifique existante et des données recueillies lors d'auditions complémentaires, des effets sanitaires potentiels liés à l'usage des LED ont été identifiés. Les risques identifiés comme les plus préoccupants, tant par la gravité des dangers associés, que par la probabilité d'occurrence dans le cadre d'une généralisation de l'emploi des LED, sont liés aux effets photochimiques de la lumière bleue et à l'éblouissement. Ils résultent :

- du déséquilibre spectral des LED (forte proportion de lumière bleue dans les LED blanches) ;
- des très fortes luminances¹⁷ des LED (fortes densités surfaciques d'intensité lumineuse émises par ces sources de taille très faible).

Risque lié à la lumière bleue :

Le risque d'effet photochimique est associé à la lumière bleue et son niveau dépend de la dose cumulée de lumière bleue à laquelle la personne a été exposée. Il résulte généralement d'expositions peu intenses répétées sur de longues durées. Le niveau de preuve associé à ce risque est important.

Des arguments issus d'observations humaines et d'études expérimentales sur des cultures cellulaires et sur différentes espèces animales convergent pour démontrer une toxicité particulière des courtes longueurs d'ondes (bleues) pour la rétine. La lumière bleue est ainsi reconnue pour ses effets néfastes et dangereux sur la rétine, résultant d'un stress oxydatif cellulaire.

Les effets aggravants de la lumière bleue sur la dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) sont fortement soupçonnés et issus d'observations convergentes sur des modèles expérimentaux. Les études épidémiologiques réalisées à ce jour n'ont pas permis de conclure du fait de leur manque de précision sur l'évaluation de l'exposition et sur les données relatives à la prédisposition individuelle.

Trois populations plus particulièrement sensibles au risque ou particulièrement exposées à la lumière bleue ont été identifiées :

- les enfants (en raison de la transparence du cristallin) et les personnes aphakes (sans cristallin) ou pseudophakes (cristallin artificiel) qui ne filtrent pas (ou peu) les courtes longueurs d'ondes (notamment la lumière bleue) du fait de leur cristallin ;
- les populations sensibles à la lumière : patients atteints de certaines maladies oculaires (par exemple la DMLA) et cutanées, patients consommant des

¹⁷ La luminance (en cd / m^2) quantifie la lumière émise par une source étendue, par unité de surface. Elle définit l'impression lumineuse perçue par un observateur qui regarde la source. Elle permet donc d'évaluer l'éblouissement.

substances photo-sensibilisantes, etc. pour lesquels la lumière bleue peut être un facteur aggravant de leur pathologie ;

- les populations particulièrement exposées aux LED (certaines populations de travailleurs : installateurs éclairagistes, métiers du spectacle, etc.) qui sont soumises à des éclairages de forte intensité, et sont donc susceptibles d'être exposées à de grandes quantités de lumière bleue.

Risque lié à l'éblouissement :

En éclairage d'intérieur, il est admis qu'une luminance supérieure à 10 000 cd / m²¹⁸ est visuellement gênante quelle que soit la position du luminaire dans le champ visuel. En raison notamment du caractère ponctuel de leur surface d'émission, les LED peuvent présenter des luminances 1 000 fois plus élevées. Le niveau de rayonnement direct de ce type de source peut ainsi largement dépasser le niveau d'inconfort visuel, bien plus qu'avec les éclairages dits « classiques » (halogènes, lampes basses consommation).

Autres risques liés à l'exposition aux LED :

D'autres risques potentiels sont évoqués par les experts comme la perturbation des rythmes circadiens (horloge biologique) et les effets stroboscopiques (fluctuation de l'intensité de la lumière imperceptible visuellement).

Le risque d'effet thermique, associé à une brûlure de la rétine et résultant généralement d'une exposition de courte durée à une lumière très intense est peu probable dans un usage courant des LED.

La technologie des LED peut conduire à l'émission de champs électromagnétiques dans la mesure où cet éclairage est associé à un dispositif d'alimentation et de transformation de tension. En raison des faibles niveaux d'exposition engendrés, ce point n'a pas fait l'objet d'un examen particulier par le groupe de travail, quant aux risques éventuellement associés.

Évaluation des risques photochimiques des LED :

Il existe actuellement peu de données d'exposition des personnes relatives à un éclairage, qu'il s'agisse des systèmes utilisant des LED ou d'autres types de sources lumineuses. Le groupe de travail n'a pu présenter des évaluations chiffrées des risques que dans le cas de l'exposition à la lumière bleue, selon la norme NF EN 62471 de sécurité photobiologique. Cette norme relative à la sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes propose des limites d'exposition au rayonnement de ces sources de lumière. Elle fournit une classification basée sur les luminances et les éclairages effectifs. Cette norme s'intéresse à l'ensemble des dangers photobiologiques pour l'œil (dangers thermiques et photochimiques), pour des longueurs d'ondes allant de l'ultraviolet à l'infrarouge. Elle définit 4 groupes de risques : le groupe de risque 0 (exempt de risque), le groupe de risque 1 (risque faible), le groupe de risque 2 (risque modéré) et le groupe de risque 3 (risque élevé).

En raison du manque de données d'exposition, quelques mesures de luminances ont été réalisées à l'initiative du groupe de travail par des laboratoires nationaux. Ces mesures menées dans un contexte exploratoire n'ont pas pour objectif d'être exhaustives. Par ailleurs, la norme n'étant pas adaptée aux systèmes à LED, ces travaux ne permettent pas d'évaluer rigoureusement les risques photobiologiques liés aux LED, mais simplement

¹⁸Il s'agit d'une valeur couramment citée au-delà de laquelle on subit un éblouissement d'inconfort en éclairage intérieur. La norme NF X 35 103 : « Principes ergonomiques visuels applicables à l'éclairage des lieux de travail » évoque une luminance admissible de 2000 cd / m² pour une petite source présente dans le plan de travail

d'apprécier le groupe de risque de ces nouveaux éclairages par rapport aux éclairages traditionnels.

Les mesures de luminance¹⁹ effectuées font apparaître que certaines LED accessibles à l'achat pour le grand public et potentiellement utilisées en éclairage domestique, pour des applications de signalisation et de balisage, appartiennent au groupe de risque 2. Or, à ce jour, aucune des autres sources d'éclairage disponibles pour le public ne dépasse les groupes de risque 0 ou 1. Les durées limites d'exposition sans risque résultant de ce classement dans le groupe 2 varient entre quelques secondes pour certaines LED bleu roi et quelques dizaines de seconde pour certaines LED blanc froid.

Par ailleurs, il apparaît que la norme NF EN 62 471 est insuffisamment adaptée à des éclairages utilisant des LED :

- les valeurs limites d'exposition définies par l'Icnirp²⁰ et utilisées pour définir les groupes de risques ne sont pas adaptées pour des expositions répétées à la lumière bleue ; elles sont en effet calculées pour des expositions d'une journée de 8 heures, et ne tiennent pas compte de la possibilité d'exposition pendant la vie entière ;
- il existe des ambiguïtés concernant les protocoles de mesures permettant de déterminer le groupe de risque : une même LED considérée individuellement ou intégrée dans un système d'éclairage pourrait être classée dans des groupes de risques différents, la distance d'évaluation imposée par la norme pouvant être différente ;
- elle ne prend pas en compte la sensibilité de certaines populations particulières (enfants, aphakes, pseudophakes, etc.).

Il est important de signaler que d'autres sources très utilisées en éclairage, notamment des lampes à décharge haute pression (lampes à iodures métalliques pour l'éclairage extérieur) sont également classées dans le groupe de risque 2. Cependant, ces dernières sont destinées à des applications identifiées et maîtrisées et ne peuvent être installées que par des professionnels qui sont tenus de limiter le niveau d'exposition de la population.

Avec l'arrivée des LED sur le marché de l'éclairage domestique, des sources classées dans le groupe de risque 2 deviennent ainsi accessibles au grand public, sans marquage de ce risque.

La méthodologie adoptée dans ce rapport a permis d'évaluer les risques photobiologiques liés à des LED dont le flux lumineux se situe dans la moyenne de ceux couramment présents sur le marché au moment de la rédaction de ce document. À ce jour et dans les quelques années qui viennent, les progrès technologiques ne laissent pas présager l'apparition de LED relevant du groupe de risque 3. En revanche, avec l'augmentation des flux lumineux et des luminances, il ne fait aucun doute que de plus en plus de LED vont apparaître dans le groupe de risque 2.

Respect des normes liées à l'éblouissement

¹⁹ Les mesures effectuées consistaient en la mesure de la luminance énergétique (c'est-à-dire dépendant de la longueur d'onde) pondérée par la fonction de phototoxicité de la lumière bleue.

²⁰ Icnirp : commission Internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants.

S'agissant des risques liés à l'éblouissement, il existe des références normatives²¹ en matière d'ergonomie visuelle et de sécurité. Dans les systèmes d'éclairage à LED disponibles sur le marché, les LED sont souvent directement apparentes afin de ne pas atténuer le niveau d'éclairage produit. Ceci pourrait conduire à un non respect de ces exigences normatives.

RECOMMANDATIONS

Les recommandations qui suivent ont pour vocation de protéger la population générale ainsi que les professionnels exposés à des éclairages à LED sur leur lieu de travail.

En matière de réglementation et de normalisation

La directive 2001/95/CE relative à la sécurité générale des produits s'applique à tous les produits en l'absence de législation sectorielle spécifique (jouets, etc.). Le marquage « CE », obligatoire sur tout dispositif électrique vendu en Europe, est un marquage auto-déclaratif qui indique que le produit est conforme à toutes les dispositions communautaires prévoyant son apposition.

S'agissant des éclairages à LED, le marquage CE atteste du respect des exigences essentielles des directives européennes « basse tension » (2006/95/CE), de « compatibilité électromagnétique » (2004/108/CE) et d'éco-conception « EuP » (2005/32/CE), portant notamment sur la sécurité des produits, leur consommation en énergie, leurs émissions (bruit, vibrations, rayonnements, champs électromagnétiques), leur possibilité de valorisation, etc.

Satisfont à ces exigences les produits conformes à des normes élaborées spécifiquement, dites normes harmonisées, publiées au JO de l'UE (ex : NF EN 62311 relative aux champs électromagnétiques, NF EN 62471 relative à la sécurité photobiologique des lampes). Par ailleurs, le décret 2010-750 du 2 juillet 2010, qui transcrit en droit français la directive 2006/25/CE, fixe les mesures à mettre en œuvre pour assurer la protection des travailleurs contre les risques d'exposition aux rayonnements optiques artificiels.

Considérant :

- les risques sanitaires liés à la lumière bleue émise par des éclairages à LED appartenant à des groupes de risques supérieurs à 1 (selon la norme NF EN 62 471) ;
- les risques d'éblouissement important induit par les éclairages à LED ;
- la nécessité de protéger la population générale et professionnelle contre des luminances trop fortes des systèmes à LED et tout risque d'éblouissement associé aux différents usages de ces nouveaux éclairages ;
- la présence sur le marché de produits à LED à visée luminothérapeutique, de confort ou de bien être ;

l'Anses recommande :

- de restreindre la mise sur le marché des LED à usage domestique ou accessibles à la population générale, aux LED appartenant à des groupes de risques inférieurs

²¹ Les normes auxquelles le texte fait référence sont : les normes NF X 35-103 « Ergonomie : Principes d'ergonomie visuelle applicables à l'éclairage des lieux de travail » ; NF EN 12464-1 « Éclairage des lieux de travail – Partie 1 : Lieux de travail intérieurs » ; NF EN 12464-2 « Éclairage des lieux de travail – Partie 2 : Lieux de travail extérieurs » ; série de normes NF EN 13201 « Éclairage public » ; et NF EN 12193 « Éclairage des installations sportives ».

ou égaux à 1 (lorsqu'elles sont évaluées à une distance d'observation de 200 mm) ;

- de réglementer l'installation des systèmes d'éclairages à LED appartenant à des groupes de risques supérieurs à 1, en les limitant à des usages professionnels, dans des conditions permettant de prévenir les risques.
- d'inciter les fabricants et intégrateurs de systèmes d'éclairage à LED :
 - à concevoir des systèmes d'éclairage ne permettant pas une vision directe du faisceau émis par les LED afin de prévenir l'éblouissement. En particulier, l'Anses recommande d'utiliser des dispositifs optiques pour limiter les luminances perçues directes ou réfléchies et rendre les sources de lumière à LED plus diffuses ;
 - à prendre en compte l'usure des couches de phosphore des LED blanches, qui pourrait conduire à terme à un niveau plus élevé du groupe de risque photobiologique.
- d'évaluer la nocivité et la conformité des appareils à visée lumineuse, de confort ou de bien être et de réglementer leur utilisation.

Considérant :

- que les normes en vigueur pour concevoir les installations d'éclairage à LED ne sont actuellement pas toujours appliquées par les professionnels (électriciens, éclairagistes, concepteurs d'éclairages) ;
- que les normes liées à la sécurité photobiologique paraissent insuffisamment adaptées aux éclairages à LED ;

l'Anses recommande :

- de faire appliquer, par les professionnels concevant des installations d'éclairage à LED, l'ensemble des normes relatives à la qualité de l'éclairage :
 - NF X 35-103 « Ergonomie : Principes d'ergonomie visuelle applicables à l'éclairage des lieux de travail » ;
 - NF EN 12464-1 « Éclairage des lieux de travail – Partie 1 : Lieux de travail intérieurs » ;
 - NF EN 12464-2 « Éclairage des lieux de travail – Partie 2 : Lieux de travail extérieurs » ;
 - série de normes NF EN 13201 « Éclairage public » ;
 - NF EN 12193 « Éclairage des installations sportives ».
- d'adapter la norme NF EN 62 471 « Sécurité photobiologique des lampes et appareils utilisant des lampes » aux systèmes à LED. Il est nécessaire de faciliter la prise en compte de cette norme par les fabricants et de lever toute ambiguïté quant à la façon dont elle doit être appliquée aux systèmes à LED. L'Anses recommande ainsi :
 - de préciser les conditions de mesure et d'évaluation des systèmes à LED dans la norme NF EN 62 471 ;
 - d'éditer un guide d'application de cette norme exclusivement dédié aux systèmes à LED ;
 - de déterminer le groupe de risque pour le pire cas d'observation (à une distance de 200 mm du système) conduisant ainsi au groupe de risque le plus

- défavorable ; d'adapter la norme aux enfants, personnes aphakes ou pseudophakes, en prenant en compte la courbe de phototoxicité de la lumière pertinente proposée par l'ICNIRP ;
- de proposer éventuellement pour chaque groupe de risque des sous-groupes de risque qui permettraient d'affiner l'évaluation du risque en fonction des temps d'exposition ;
 - dans le cas de groupes de risque supérieurs à 0, d'évaluer les distances de sécurité (distance à laquelle l'observation correspond au groupe de risque 0), et de les préciser de manière explicite sur les produits destinés aux consommateurs (cas des dispositifs grand public) ou aux professionnels en charge de la réalisation de l'installation d'éclairage.
- d'introduire les exigences de sécurité photobiologique dans toutes les normes de sécurité relatives aux LED. Les normes suivantes sont particulièrement concernées :
 - série de normes NF EN 60 598 « Luminaires » ;
 - NF EN 62 031 : « Modules de LED pour l'éclairage général : spécifications de sécurité » ;
 - CEI 62 560 : « Lampes à LED auto-ballastées pour l'éclairage général fonctionnant à des tensions > 50 V - Spécifications de sécurité » ;
 - le projet de norme Pr CEI 62 663-1 « *Non ballasted single capped LED lamps for general lighting – safety requirements* ».

En matière d'usage, d'information et de traçabilité

Dès à présent et dans l'attente de la mise en œuvre d'un cadre réglementaire adapté, l'Anses recommande d'informer le consommateur des risques sanitaires liés à l'usage des systèmes d'éclairage par LED.

Considérant :

- les risques avérés d'une exposition aiguë à la lumière bleue et les incertitudes quant aux effets d'une exposition chronique à de faibles doses, ainsi que les incertitudes quant aux effets sur l'horloge biologique et la diminution de la contraction pupillaire ;
- l'existence de populations sensibles à la lumière en général (enfants, aphakes, pseudophakes, patients atteints de certaines maladies oculaires et cutanées, patients consommant des substances photo-sensibilisantes, *etc.*) ;

l'Anses recommande :

- d'éviter l'utilisation de sources de lumière émettant une forte lumière froide (lumière riche en couleur bleue) dans les lieux fréquentés par les enfants (maternités, crèches, écoles, lieux de loisirs, *etc.*) ou dans les objets qu'ils utilisent (jouets, afficheurs lumineux, consoles et manettes de jeu, veilleuses nocturnes, *etc.*) ;
- d'informer les patients sous médicaments photo-sensibilisants des risques liés à l'exposition à la lumière riche en couleur bleue.

Considérant :

- l'existence de populations de travailleurs pouvant être exposés à des éclairages à LED de forte intensité ;

l'Anses recommande :

- de développer des moyens de protection adéquats (type lunettes de protection optique spécifiques aux LED) pour les travailleurs particulièrement exposés à un éclairage à LED.

Considérant :

- le manque d'informations accessibles au public concernant les éclairages à LED disponibles sur le marché ;

l'Anses recommande :

- de veiller à ce que les fabricants et intégrateurs de LED réalisent des contrôles de qualité et qualifient leurs produits au regard des différents groupes de risque ;
- la mise en place d'un étiquetage intelligible pour le consommateur relatif notamment aux caractéristiques techniques de l'éclairage et de ses effets sanitaires éventuels ;
- de rendre obligatoire le marquage du groupe de risque de sécurité photobiologique, évalué à la distance de 200 mm, sur l'emballage des produits à LED. Pour les sources appartenant au groupe de risque 1, il serait nécessaire d'indiquer la distance de sécurité au-delà de laquelle le groupe de risque redescend à 0 ;
- de rendre obligatoire le marquage du groupe de risque de sécurité photobiologique pour tous les types d'éclairage.

EN MATIERE D'ETUDES ET D'AXES DE RECHERCHE

S'agissant du manque de données sur l'exposition de la population générale et professionnelle à la lumière artificielle, l'Anses recommande de :

- mieux documenter l'exposition de la population à la lumière artificielle tant en milieu professionnel que dans l'environnement général ;
- définir un indice pertinent permettant d'estimer le niveau d'éblouissement d'une source à LED. En effet, l'UGR (*Unified Glaring Rate* – taux d'éblouissement unifié) utilisé pour les autres types d'éclairage ne convient pas aux LED, qui sont des sources de faible dimension angulaire.

En matière d'études et recherches sur les effets sanitaires des systèmes d'éclairage à LED, l'Anses recommande :

- de développer des recherches cliniques afin de définir des valeurs limites d'exposition à la lumière bleue et pour cela notamment :
 - d'étudier les effets cumulatifs à moyen et long terme d'une exposition à la lumière bleue ;

- de réaliser des études prospectives et rétrospectives sur les populations traitées par luminothérapie avec des LED bleues ;
- de mener des recherches afin de mieux caractériser les effets de la lumière artificielle et en particulier de la lumière issue de systèmes à LED sur les rythmes biologiques. L'Anses recommande ainsi :
 - d'approfondir les études permettant de mieux caractériser les spectres d'action des mécanismes de régulation de l'horloge biologique par la lumière ;
 - de quantifier les conséquences d'une exposition à des lumières artificielles froides sur les rythmes circadiens et la contraction pupillaire ;
 - de manière générale, d'étudier l'incidence sur la santé de la pollution lumineuse (en lien avec de possibles dérèglements de l'horloge biologique) et de la systématisation d'un éclairage à LED ;
- d'étudier le déclenchement ou l'aggravation des photo-dermatoses par un éclairage à LED ;
- de mener des campagnes de mesures afin de caractériser les champs électromagnétiques émis par les systèmes d'éclairage à LED.

En matière d'études et recherches à mener sur la technologie des LED pour prévenir les risques sanitaires éventuels, l'Anses émet les recommandations suivantes :

- encourager des recherches pour développer de nouveaux matériaux émissifs couplés avec des luminophores optimisés, pour obtenir une lumière blanche de bonne qualité, avec une efficacité lumineuse aussi élevée que possible ;
- développer la recherche sur la conception de luminaires adaptés aux LED afin d'en limiter la luminance, en recourant à des solutions optiques ;
- étudier les mécanismes de dégradation des couches de phosphore des LED blanches pouvant conduire à une augmentation de la quantité de lumière bleue émise.

Le Directeur général

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Mortureux', is written over a horizontal line.

Marc Mortureux