

→ A. Barlier-Salsi, S. Salsi, A. Klingler, service Physiologie environnementale, Centre de recherche de l'INRS, Nancy

# Lampes à rayonnement ultraviolet

## Quantification des risques associés à leur utilisation

### RISKS ASSOCIATED WITH THE USE OF ULTRAVIOLET LAMPS

The aim of the study was to quantify the risk associated with the use of different types of ultraviolet lamps and to define the limits in which they should be used. For this purpose, the spectral irradiance of 30 of these lamps was measured between 200 and 400 nm. Maximum durations of daily exposure were determined for different distances from radiation source. Most lamps proved to be potentially dangerous, making it necessary to wear protective equipment, especially with sources emitting in the UVB and UVC range (200-315 nm). With the other lamps, it is essential not to exceed the daily exposure duration limits.

• optical radiation • ultraviolet radiation • UV lamp • skin • eye • lesion

Cette étude avait pour objectifs de quantifier les risques associés à l'utilisation de lampes à rayonnement ultraviolet et de définir leurs limites d'emploi. A cette fin, l'éclairement énergétique spectrique de 30 de ces lampes a été mesuré entre 200 et 400 nm. Les durées maximales d'exposition journalières ont été déterminées pour différentes distances d'utilisation. Les résultats montrent que la majorité des lampes est potentiellement dangereuse et que le port de dispositifs de protection est nécessaire, plus spécialement avec les sources émettant dans l'UVB et C (200-315 nm). Avec les autres lampes, il est indispensable de ne pas dépasser les durées d'exposition journalières.

• rayonnement optique • rayonnement ultraviolet • lampe UV • peau • œil • lésion

Le rayonnement ultraviolet (UV) est un rayonnement optique dont le domaine spectral s'étend de 100 à 400 nm. La CIE (Commission internationale de l'éclairage) distingue trois catégories d'ultraviolets : les UVA (315-400 nm), les UVB (280-315 nm) et les UVC (100-280 nm) [1].

Le soleil est pratiquement la seule source naturelle de rayonnement ultraviolet; les ultraviolets représentent environ 5 % du rayonnement total émis. Il existe en revanche une grande variété de sources artificielles. Selon le type de source, le rayonnement ultraviolet émis est considéré comme parasite lorsqu'il ne contribue pas à l'effet recherché (cas de certaines lampes à usage général, d'arcs de soudage...) ou est alors utilisé pour ses effets directs. Il trouve en effet de nombreuses applications dans l'industrie pour le tirage de plans, la détection de défauts, le séchage des encres, la synthèse chimique, la polymérisation de vernis ou de colles. Le rayonnement UV est aussi très utilisé dans les cabines de bron-

zage artificiel. Dans le domaine médical, les lampes à rayonnement UV sont couramment employées dans le traitement de certaines maladies (psoriasis, eczéma, hyperbilirubinémie...) et pour la désinfection bactérienne.

Si l'exposition de courte durée et à faible dose au rayonnement ultraviolet a des effets bénéfiques pour l'organisme, l'exposition prolongée et/ou à forte dose peut avoir des conséquences pathologiques aiguës ou chroniques qui sont directement liées à la pénétration et à l'absorption de ces rayonnements dans les structures de la peau et de l'œil.

Pour la peau, les effets directs immédiats se manifestent par le classique coup de soleil, qui comporte plusieurs niveaux de gravité depuis le simple érythème jusqu'à des lésions plus importantes comportant douleur, œdèmes de phlyctènes. A long terme, la répétition des lésions actiniques cutanées entraîne des modifications pathologiques

de la peau qui peuvent être à l'origine de lésions précancéreuses ou éventuellement d'authentiques cancers cutanés.

Pour l'œil, les effets immédiats se traduisent par des lésions de la cornée et de la conjonctive (kérato-conjonctivite). Leur symptomatologie est bien connue : impression de sable dans les yeux, larmoiement, œil « rouge ». L'invalidité visuelle peut durer de 6 à 24 heures. A long terme, l'exposition chronique au rayonnement ultraviolet est susceptible d'entraîner une opacification du cristallin (cataracte).

Une revue bibliographique, parue en 1994 [2,] donne une description détaillée des effets et des différents mécanismes d'action des ultraviolets sur l'organisme. Elle recense également les différentes situations d'exposition professionnelle aux ultraviolets ainsi que les sources de rayonnement ultraviolet couramment utilisées, mais ne fournit pas les valeurs des niveaux de risque associés à l'utilisation de ces différentes sources.

La présente étude se propose donc de compléter cette synthèse bibliographique,

- en quantifiant les risques présentés par des sources de rayonnement ultraviolet utilisées dans différents secteurs d'activité,
- en définissant leurs limites d'emploi.

## 1. Méthodes et techniques

### 1.1. Lampes étudiées

Trente lampes à rayonnement ultraviolet de caractéristiques et de puissances différentes ont été étudiées : 3 lampes supra-actiniques, 3 lampes actiniques, 5 lampes dites de lumière noire, 12 lampes pour le bronzage et la photothérapie, 1 lampe fluorescente médicale, 4 lampes germicides, une lampe pour l'art graphique et une lampe pour la photochimie. Leurs caractéristiques et leurs domaines d'utilisation sont donnés dans le *tableau I*.

### 1.2. Configurations de mesures

Le rayonnement ultraviolet a été mesuré sur une lampe de chaque type. Certains tubes ont également été étudiés dans d'autres configurations, correspondant en particulier au fonctionnement simultané de 2 et 4 lampes de même type.

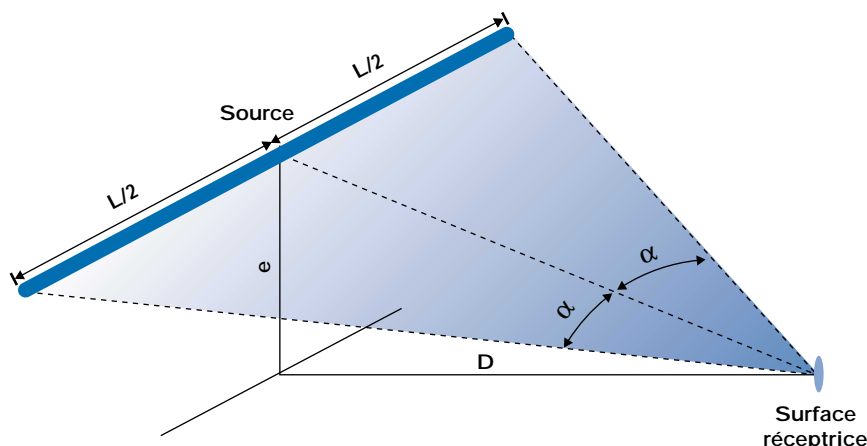


Fig. 1. Configuration des sources linéaires

### 1.3. Grandeurs mesurées et appareillage

L'éclairement énergétique spectrique  $E_\lambda$  a été relevé entre 200 et 400 nm à l'aide d'un spectroradiomètre Optronics modèle OL750. Cet appareil est équipé d'un double monochromateur à réseaux, de 2 détecteurs (un photomultiplicateur et un détecteur silicium), d'un amplificateur et d'une sphère intégratrice.

Le spectroradiomètre a été étalonné à partir de 2 sources secondaires, elles-mêmes étalonnées par rapport aux références du NIST (National Institute of Standards and Technology). La première source est une lampe au deutérium (précision variant de 3,8 à 5 % selon la longueur d'onde), la seconde, une lampe tungstène halogène (précision variant de 2,6 à 3,1 % selon la longueur d'onde).

### 1.4. Méthode de mesure et de calcul de l'éclairement énergétique spectrique

L'éclairement énergétique spectrique  $E_\lambda$  a été mesuré à une distance variant de 0,25 à 1,5 m selon les dimensions des lampes. Les distances d'utilisation de ces sources étant très variables, l'éclairement énergétique spectrique a été calculé, comme suit, pour différentes valeurs de la distance d'exposition.

Si  $E_\lambda(D)$  est l'éclairement énergétique spectrique à une distance  $D$ ,  $E_\lambda(D_{mes})$  l'éclairement énergétique spectrique à la distance de mesure  $D_{mes}$ ,  $E_\lambda(D)$  a pour expression :

$$E_\lambda(D) = E_\lambda(D_{mes}) \frac{G(D)}{G(D_{mes})} \quad (1)$$

où  $G(D)$  et  $G(D_{mes})$  sont respectivement les coefficients de configuration de la source à la distance  $D$  et à la distance de mesure  $D_{mes}$ .

Dans ce calcul, deux coefficients de configuration ont été pris en compte :

- l'un relatif aux sources linéaires [2] (cas des tubes; cf. *tableau I*), qui a pour expression (cf. *fig. 1*) :

$$G(D) = \frac{D}{2(D^2 + e^2)} (2\alpha + \sin 2\alpha) \quad (2)$$

- l'autre correspondant aux sources ponctuelles (cas des autres sources; cf. *tableau I*), qui s'écrit :

$$G(D) = \frac{1}{D^2} \quad (3)$$

### 1.5. Méthode d'évaluation des risques

Calcul des expositions et valeurs limites d'exposition correspondantes

Toutes conditions égales par ailleurs, la nature et le siège des lésions provoquées par le rayonnement ultraviolet sont essentiellement liés à sa longueur d'onde. L'évaluation des risques associés nécessite donc la détermination des expositions dans différents domaines spectraux. Selon le domaine spectral considéré, il s'agit de l'exposition énergétique ( $H_{UVA}$ ) ou de l'exposition énergétique efficace ( $H_{Uveff}$ ). Cette dernière prend en compte l'efficacité relative spectrale du rayonnement ultraviolet sur les yeux et la peau,  $S_\lambda$ .

TABLEAU I

## CARACTÉRISTIQUES ET DOMAINES D'UTILISATION DES LAMPES ÉTUDIÉES

Types de lampe	Repères (puissance)	Caractéristiques	Domaines d'utilisation
Lampes supra-actiniques	A1 (20 W) A2 (40 W) A3 (140 W)	Tubes fluorescents	- tirage de plans, - reproductions photomécaniques, - traitement de l'hyperbilirubinémie, - traitements médicaux divers.
Lampes actiniques	B1 (20 W) B2 (40 W) B3 (140 W)	Tubes fluorescents	- tirage de plans, - réacteurs photochimiques, - pièges à insectes.
Lampes lumière noire	C1 (6 W) C2 (18 W) C3 (6 W) C4 (125 W) C5 (125 W)	Tubes fluorescents en verre  Ampoule en verre filtrant dit « Blue -Black »  Ampoule en verre de Wood	- détection de défauts, - pièges à insectes, - effets spéciaux dans le spectacle, - archéologie, minéralogie, - médecine, biologie.
Lampes pour bronzage et photothérapie	D1 (20 W) D2 (40 W) D3 (40 W) D4 (80 W) D5 (100 W) D6 (40 W) D7 (80 W) D8 (40 W) D9 (80 W) D10 (100 W) D11 (400 W) D12 (300 W)	Tubes fluorescents à émission intense entre 320 et 390 nm  Tubes fluorescents à émission intense entre 313 et 370 nm  Tubes fluorescents à réflecteur à émission intense entre 313 et 370 nm Tubes fluorescents à réflecteur à émission extrêmement réduite dans l'UVB Lampe quartz aux halogénures métalliques  Lampe à vapeur de mercure haute pression	- bronzage artificiel, - traitement des maladies de peau, - insolation de photopolymères, - pièges à insectes. - bronzage artificiel, - traitement des maladies de peau, - process photochimiques.  - bronzage artificiel.  - bronzage artificiel, - traitement des maladies de peau. - bronzage artificiel, - traitement des maladies de peau, - traitements médicaux divers.
Lampes germicides	E1 (6 W) E2 (9 W) E3 (15 W) E4 (115 W)	Lampes quartz à vapeur de mercure basse pression	- désinfection de l'air, - purification de l'eau, - stérilisation (hôpitaux, industrie alimentaire)
Lampe fluorescente médicale	F1 (20 W)	Tube fluorescent à émission intense entre 400 et 500 nm	- traitement de l'hyperbilirubinémie, - reprographie.
Lampe pour la photochimie	G1 (125 W)	Brûleur quartz à vapeur de mercure haute pression	- photochimie, - polymérisation de colles et de vernis, - spectrométrie.
Lampes pour arts graphiques	H1 (125 W)	Lampe à vapeur de mercure haute pression	- sérigraphie, - durcissement des laques, - agrandisseur, - éclairage décoratif.

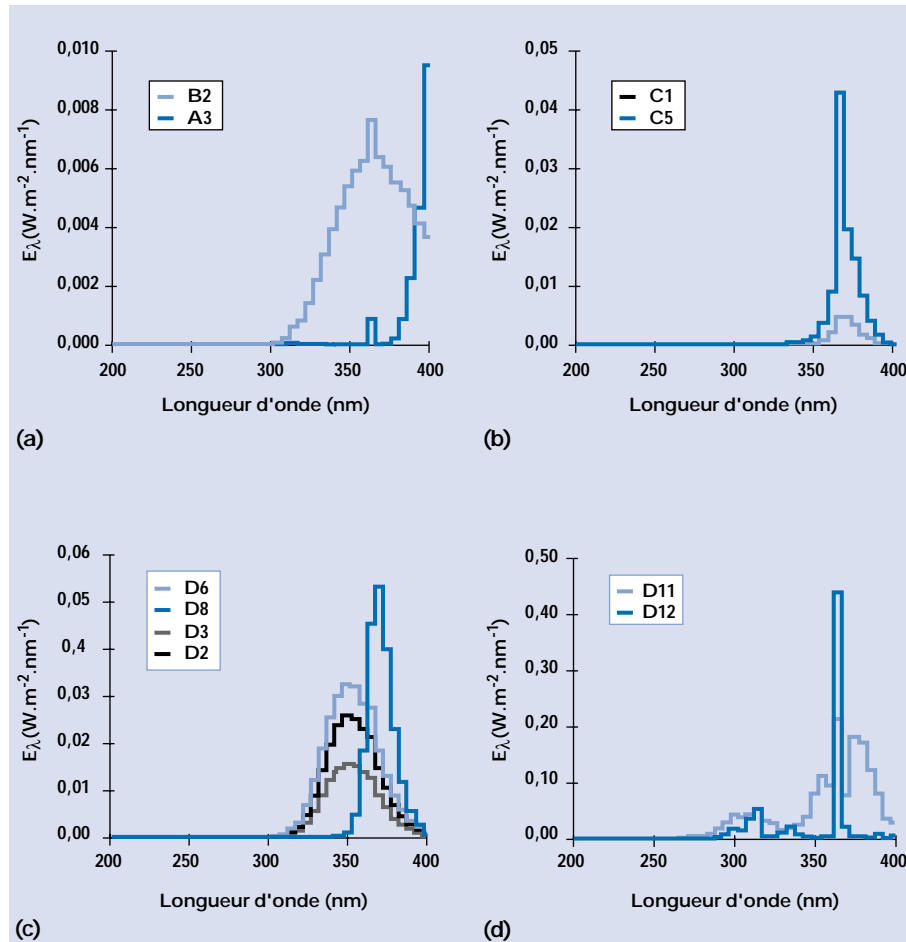


Fig. 2. Répartitions spectrales d'éclairagements énergétiques calculées à 1 m des lampes actiniques et supra-actiniques (a), des lampes de lumière noire (b) et des lampes pour le bronzage et la photothérapie (c, d)

TABLEAU II

MÉTHODE DE CALCUL DES NIVEAUX D'EXPOSITION  
ET VALEURS LIMITES D'EXPOSITION CORRESPONDANTES

Domaine spectral	Risques	Effets physiologiques	Niveaux d'exposition	Valeurs limites d'exposition
200 à 400 nm	$PEAU_{Uveff}$  $CEIL_{Uveff}$	Peau : érythème, effets cancérogènes  Œil : kératites, conjonctivites	$H_{Uveff} = \sum_{200}^{400} E_{\lambda} \cdot t \cdot S_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$	$VLE_{Uveff} = 30 \text{ J.m}^{-2}$
315 à 400 nm	$CEIL_{UVA}$	Œil : cataracte	$H_{UVA} = \sum_{315}^{400} E_{\lambda} \cdot t \cdot \Delta\lambda$	$VLE_{UVA} = 10^4 \text{ J.m}^{-2}$

$E_{\lambda}$  : Eclairage énergétique spectrique [ $W \cdot cm^{-2} \cdot nm^{-1}$ ] -  $D_{\lambda}$  : largeur de bande [nm].  
 $S_{\lambda}$  : Efficacité relative spectrale - t : durée d'exposition journalière [s].

Ces différentes expositions sont ensuite comparées aux valeurs limites d'exposition proposées par l'IRPA (International Radiation Protection Association) [4, 5].

La méthode de calcul des expositions, les valeurs limites d'exposition correspondantes ainsi que les risques associés sont présentés dans le *tableau II*.

#### Calcul des indices de risque

Afin de quantifier les risques présentés par les sources, chaque exposition  $H_x$  a été comparée à la valeur limite d'exposition correspondante  $VLE_x$ . Pour ce faire, un indice de risque  $I_x$  a été défini comme suit :

$$I_x = \frac{H_x}{VLE_x} \quad (4)$$

Ainsi, un indice de risque supérieur à 1 signifie que la source étudiée présente un risque dans le domaine spectral considéré.

#### Détermination des limites d'emploi des sources

Compte tenu de la diversité des sources étudiées et de leurs différentes conditions d'utilisation, l'indice de risque déterminé dans une situation particulière ne suffit pas à caractériser les risques présentés par ces sources. Il convient donc de calculer pour chaque source, la durée d'exposition journalière maximale admissible en fonction de la distance d'exposition dans chaque domaine spectral. Ainsi, à une distance d'exposition D, la durée d'exposition journalière maximale admissible t(D) a pour expression :

- pour les risques «  $PEAU_{Uveff}$  » et «  $CEIL_{Uveff}$  » (cf. *tableau II*) :

$$t(D) = \frac{30}{\sum_{200}^{400} E_{\lambda}(D) \cdot S_{\lambda} \cdot \Delta\lambda} \quad (5)$$

- pour le risque «  $CEIL_{UVA}$  » (cf. *tableau II*).

$$t(D) = \frac{10^4}{\sum_{315}^{400} E_{\lambda}(D) \cdot \Delta\lambda} \quad (6)$$

## 2. Résultats

### 2.1. Eclairage énergétique spectrique

Les répartitions spectrales d'éclairages énergétiques calculées à 1 m des sources étudiées sont représentées aux *figures 2 et 3*. La représentation a été limitée à un

spectre par type de lampe, celui de la lampe 40 W, lorsque cette puissance est disponible. Ces graphiques font apparaître que :

- les lampes repérées D11, D12 (fig. 2d) et G1 (fig. 3d) émettent sur l'ensemble du domaine ultraviolet,
- le spectre d'émission des lampes germicides E1 à E4 (fig. 3a) est pratiquement limité à une raie à 253 nm,
- les autres types de lampes ont une émission maximale dans l'UVA.

La figure 2c montre l'importance du réflecteur incorporé à certains tubes sur l'émission. En effet, à puissance égale (40 W), l'émission maximale (0,03 W. m<sup>-2</sup>) du tube à réflecteur D6 est deux fois plus importante que l'émission maximale (0,015 W. m<sup>-2</sup>) du tube D3 non équipé de réflecteur.

### 2.2. Evaluation des risques

Les risques présentés par les sources ont été évalués à l'aide des indices de risque définis par la relation (4). Deux indices de risque ont été calculés :

- l'indice  $I_{UVeff}$  pour quantifier les risques  $PEAU_{UVeff}$  et  $CEIL_{UVeff}$
- et l'indice  $I_{UVA}$  pour quantifier le risque  $CEIL_{UVA}$  (cf. tableau II). Les indices  $I_{UVeff}$  et  $I_{UVA}$  ont été calculés dans la situation où le risque est maximal, c'est-à-dire à la distance d'exposition minimale soit 0,50 m et pour une durée d'exposition journalière maximale, soit 8 heures. La figure 4 représente l'indice  $I_{UVA}$  en fonction de l'indice  $I_{UVeff}$  pour l'ensemble des sources étudiées.

Cette représentation des indices de risque permet de définir 4 zones :

- une zone sans risque dans le cadran inférieur gauche,
- une zone de risque maximal, risques  $PEAU_{UVeff}$ ,  $CEIL_{UVeff}$  et  $CEIL_{UVA}$  dans le cadran supérieur droit,
- une zone pour le risque  $CEIL_{UVA}$  dans le cadran supérieur gauche et
- une zone pour les risques  $PEAU_{UVeff}$  et  $CEIL_{UVeff}$  dans le cadran inférieur droit.

Ainsi, la lampe fluorescente médicale F1, la lampe de lumière noire en verre filtrant C3 et les lampes supra actiniques de 20 et 40 W, A1 et A2 ne présentent aucun risque. Par contre, la lampe actinique B3, les lampes pour le bronzage et la photothérapie D4, D5, D6, D7, D11 et D12, la lampe pour les arts graphiques G1 et la lampe pour la photochimie H1 présentent tous les risques ( $PEAU_{UVeff}$ ,  $CEIL_{UVeff}$  et  $CEIL_{UVA}$ ) associés au rayonnement ultraviolet.

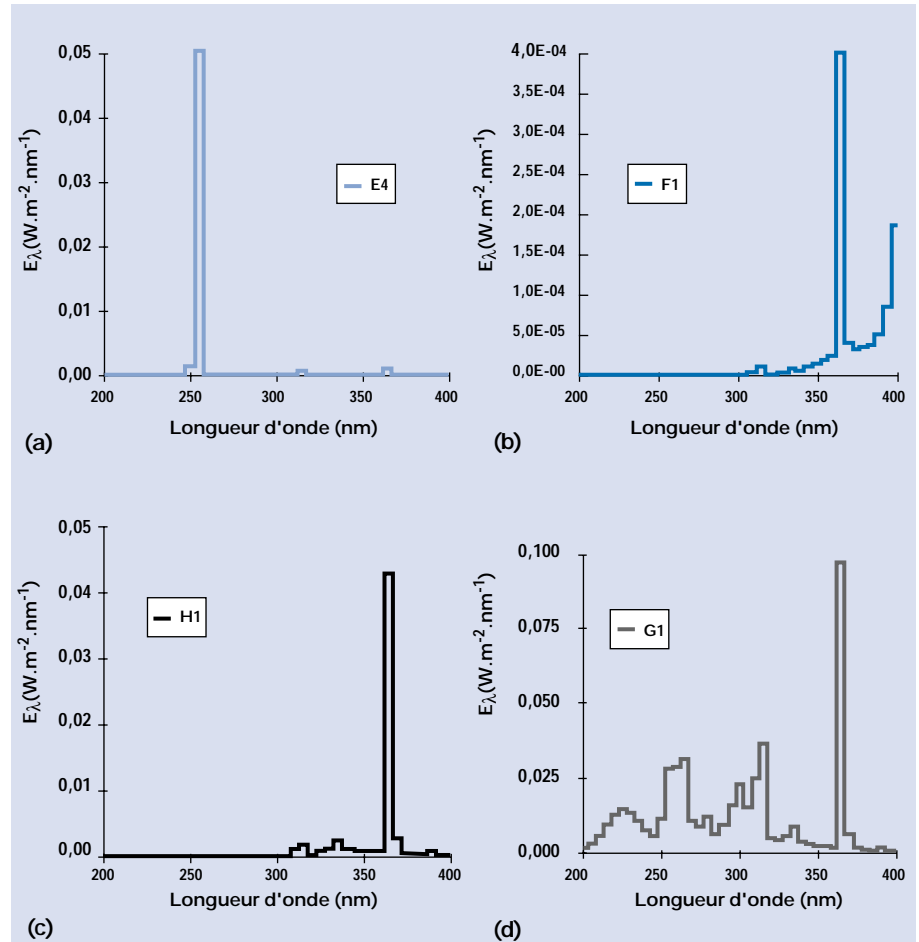


Fig. 3. Répartitions spectrales d'éclairagements énergétiques calculées à 1 m des lampes germicides (a), de la lampe fluorescente médicale (b), de la lampe pour les arts graphiques (c) et de la lampe pour la photochimie (d)

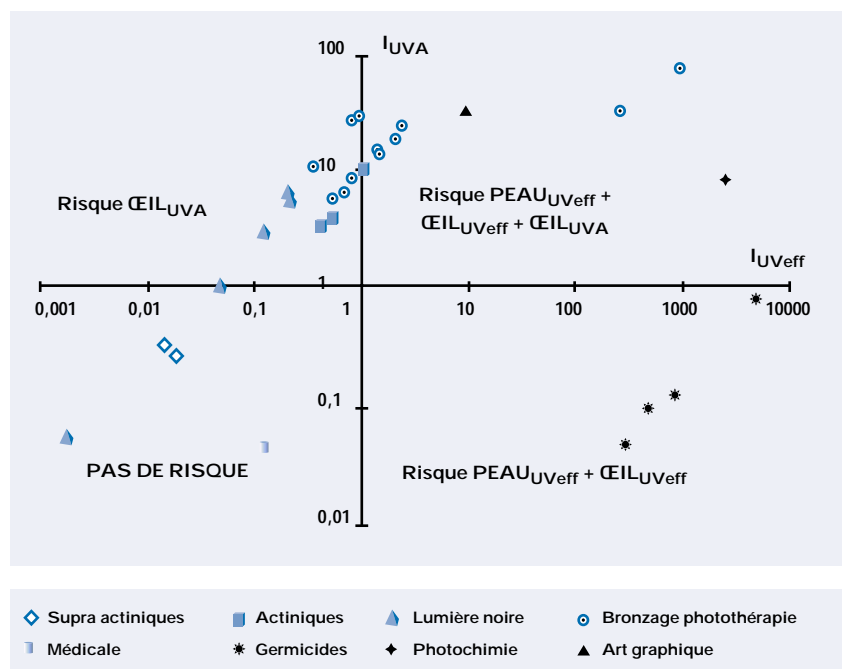


Fig. 4. Indices de risques calculés à 1 m de la source et pour 8 heures d'exposition journalière

Les lampes germicides sont situées dans la zone des risques  $PEAU_{UVeff}$  et  $CEIL_{UVeff}$  et les autres lampes non citées dans la zone de risque  $CEIL_{UVA}$ .

### 2.3. Limites d'emploi des sources

Lorsque les sources présentent des risques dans les conditions décrites précédemment, il importe de déterminer leurs limites d'emploi, exprimées sous la forme de courbes distance - durée d'exposition. Les durées maximales d'exposition journalières ont été calculées à l'aide des relations (5) et (6) pour des distances d'exposition comprises entre 0,5 m et 5 m. Les limites d'emploi des sources relatives aux risques  $PEAU_{UVeff}$  et  $CEIL_{UVeff}$  sont représentées *figure 5* et celles se rapportant au risque  $CEIL_{UVA}$  *figure 6*. Bien que tous les tubes fluorescents pour le bronzage et la photothérapie présentent un risque  $CEIL_{UVA}$ , la représentation (cf. fig. 6) a été limitée à une courbe par type de tube pour des raisons de clarté.

#### Risques « $PEAU_{UVeff}$ » et « $CEIL_{UVeff}$ »

Les risques  $PEAU_{UVeff}$  et  $CEIL_{UVeff}$  (cf. fig. 5) présentés par la lampe pour la photochimie G1, les lampes germicides, E1 à E4 et les lampes D11 et D12 pour le bronzage et la photothérapie sont très élevés. Les durées maximales d'exposition journalières correspondant à une distance d'exposition de 5 m varient de 5 à 180 minutes selon la puissance de ces lampes. Par contre, les durées maximales d'exposition journalière déterminées pour la lampe actinique B3, les tubes fluorescents pour le bronzage et la photothérapie D4 à D7 et la lampe pour les arts graphiques H1 sont comprises entre une heure et 8 heures pour des distances d'exposition inférieures à 1,5 m. Au-delà de cette distance, ces lampes ne présentent plus de risques  $PEAU_{UVeff}$  et  $CEIL_{UVeff}$ .

#### Risque « $CEIL_{UVA}$ »

Pour des distances d'exposition supérieures à 5 m, les sources étudiées ne présentent pas de risque associé au domaine UVA (cf. fig. 6). Dans les autres conditions d'exposition (distance inférieure à 5 m) il est nécessaire de respecter la durée maximale d'exposition journalière pour travailler sans risque devant ces sources. Ainsi à 0,50 m de la source, les durées maximales d'exposition journalière varient de :

- 1 à 3 heures pour la lampe actinique A3 et les lampes de lumière noire C2, C3 et C4,

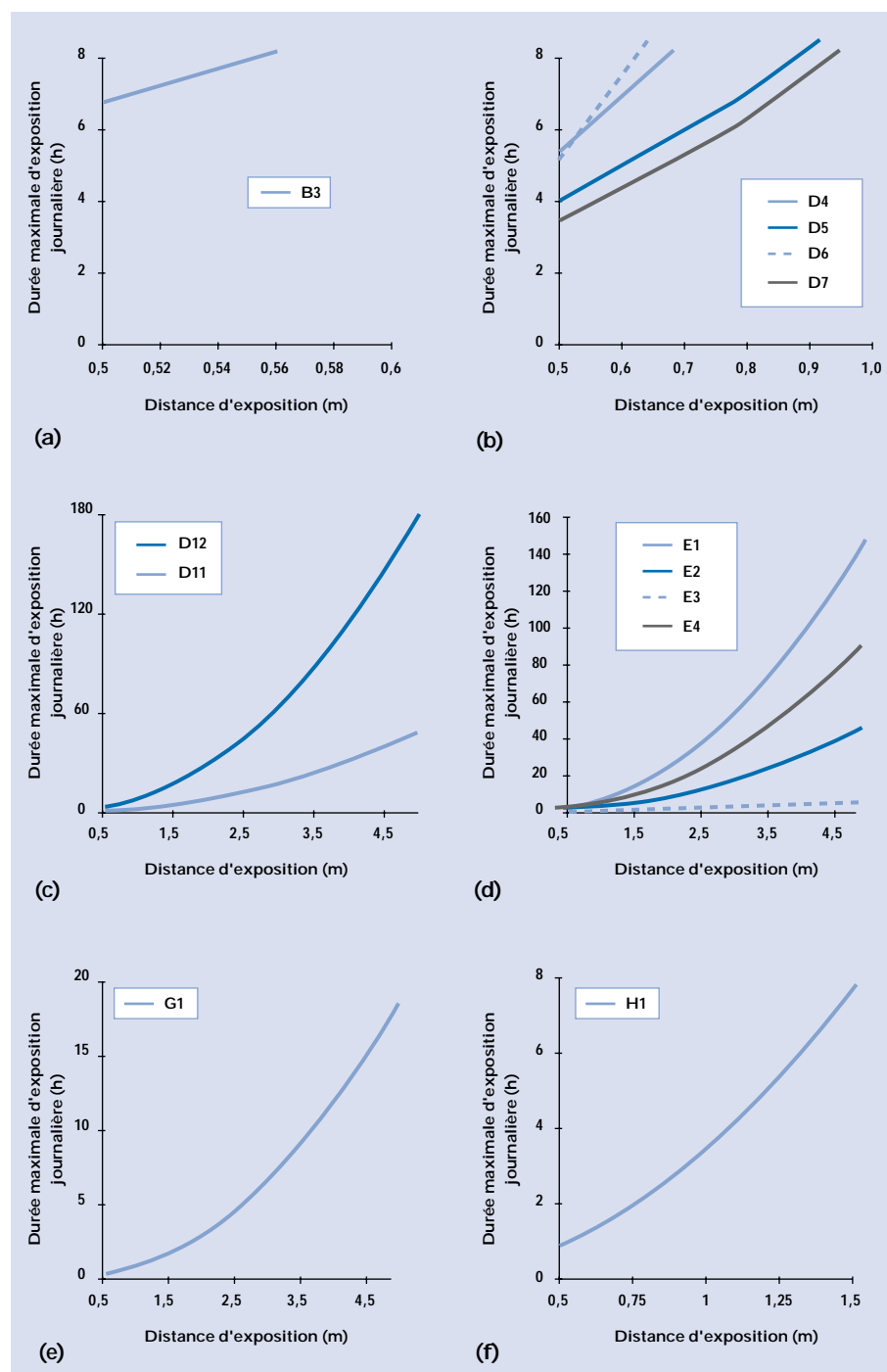


Fig. 5. Limites d'emploi des lampes pour les risques  $PEAU_{UVeff}$  et  $CEIL_{UVeff}$  : (a) lampe actinique, (b) tubes fluorescents pour le bronzage et la photothérapie, (c) autres lampes pour le bronzage et la photothérapie, (d) lampes germicides, (e) lampes pour la photochimie, (f) lampe pour les arts graphiques

- 30 minutes à 1h30 pour les tubes fluorescents pour le bronzage et la photothérapie D1 à D10 et la lampe pour les arts graphiques G1,
- et sont inférieures à 30 minutes pour les autres lampes pour le bronzage et la photothérapie, D11 et D12.

#### Utilisation de lampes montées en batterie

Les résultats présentés ci-dessus correspondent à l'utilisation d'une seule lampe. Or, certains types de lampes comme les lampes actiniques et supra-actiniques ou les lampes pour le bronzage sont rarement utilisées seules; en effet, elles sont plus souvent montées en batterie de 2, 4 voire 8 lampes. La *figure 7* donne un exemple de

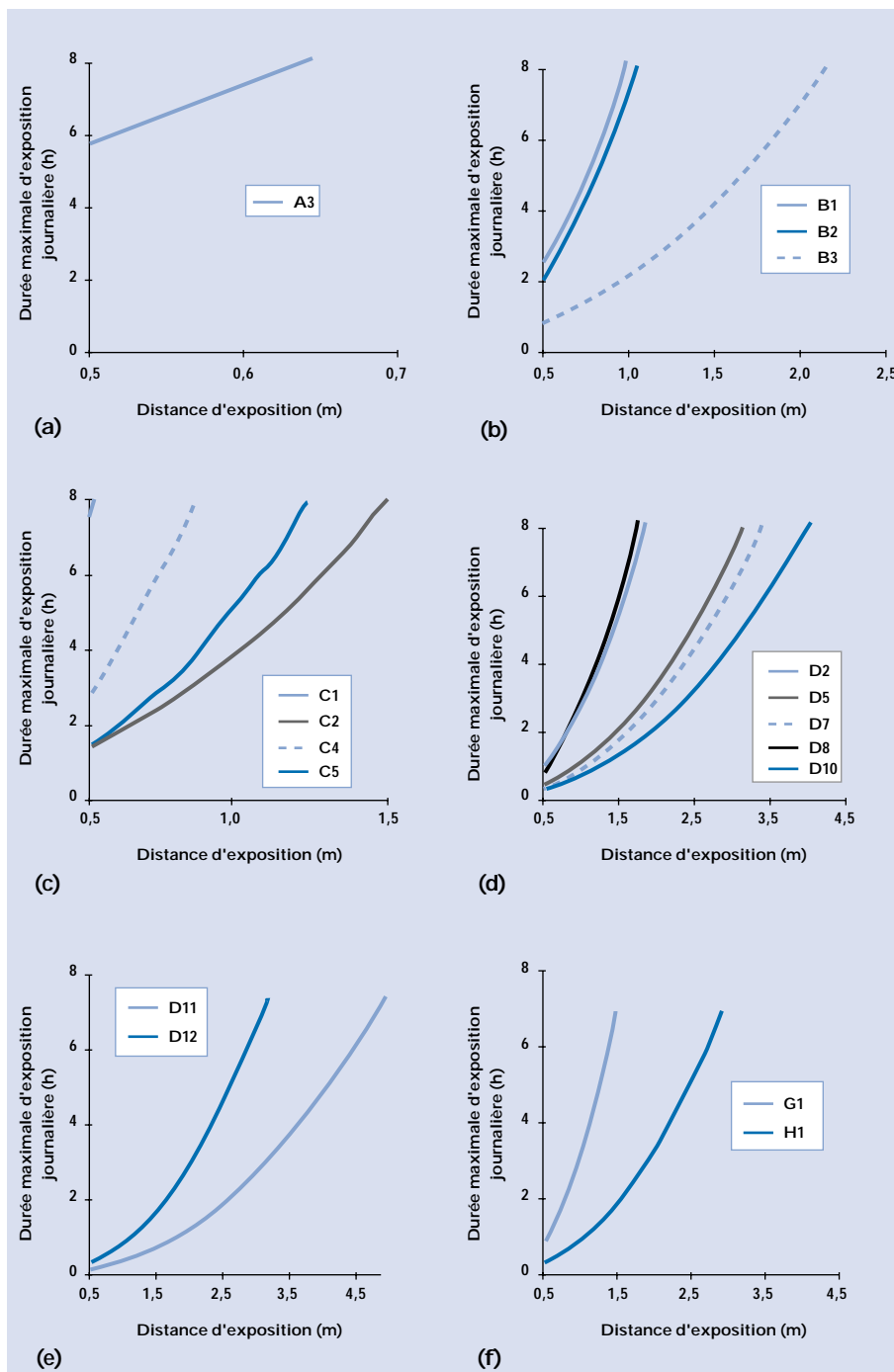


Fig. 6. Limites d'emploi des lampes pour le risque  $CEIL_{UVA}$  : (a) lampes supra actiniques, (b) lampes actiniques, (c) lampe de lumière noire, (d) tubes fluorescents pour le bronzage et la photothérapie, (e) lampes pour le bronzage et la photothérapie, (f) lampes pour les arts graphiques et la photochimie

lampes actiniques (B3) montées en batterie. Cette figure permet de comparer les durées maximales d'exposition journalière admissibles en fonction de la distance d'exposition pour 1, 2 et 4 lampes. Ainsi, à 0,50 m, les risques  $PEAU_{UVEff}$  et  $CEIL_{UVEff}$  quasi inexistantes lors de l'utilisation d'une seule lampe, deviennent tout à fait réels lors de l'utilisation d'une batterie de 4 lampes. La durée maximale d'exposition journalière

qui est de l'ordre de 7 h 30 pour une lampe, est de seulement 1 h 45 pour 4 lampes.

Il est donc impératif d'adapter les résultats présentés aux conditions réelles d'utilisation, à savoir le nombre de lampes en service. Une estimation approximative du risque consiste à diviser la durée maximale d'exposition journalière admissible relative à une lampe, par le nombre de lampes utilisées. Ce calcul est approximatif dans la

mesure où il ne tient pas compte du coefficient de configuration de la source.

Cependant, l'erreur commise ayant pour conséquence de majorer le risque, les durées maximales admissibles estimées sont toujours inférieures aux durées maximales admissibles réelles.

### 3. Discussion

L'importance du danger, lié à l'utilisation de lampes émettant spécifiquement du rayonnement ultraviolet, varie selon leurs caractéristiques et selon qu'il s'agit d'expositions accidentelles ou d'expositions chroniques. L'exposition accidentelle à des sources intenses de rayonnement ultraviolet se traduit par l'apparition d'érythèmes de la peau et de kérato-conjonctivites. Les effets d'une telle exposition sont immédiats mais restent réversibles. En revanche, la répétition d'érythèmes cutanés à la suite d'expositions chroniques peut à terme être à l'origine de lésions cancéreuses [6]. Lors de toute exposition chronique, l'apparition d'un érythème, même léger, doit constituer une alerte pour l'utilisateur et l'inciter à utiliser un dispositif de protection adéquat afin d'éviter l'apparition de lésions plus graves à long terme.

Compte tenu de leur niveau de rayonnement intense dans le domaine UVB-C, les lampes germicides occasionnent souvent des accidents. Les personnes amenées à travailler à proximité de ces lampes doivent donc porter vêtements et lunettes de protection [7]. Lorsque ces lampes sont utilisées pour la désinfection de locaux, elles ne doivent jamais fonctionner en présence de personnel. De même, les sources utilisées dans les processus industriels comme les lampes actiniques, supra actiniques et les lampes pour la photochimie sont souvent intégrées dans des machines et les utilisateurs ne sont généralement pas exposés au rayonnement direct des lampes.

Les risques consécutifs à l'emploi de lampes pour le bronzage et la photothérapie résultent plutôt d'expositions chroniques. Ces lampes, souvent montées en batterie de 4 ou 8 lampes, sont susceptibles de provoquer des érythèmes légers, juste perceptibles mais dont la répétition peut se révéler dangereuse à long terme. Le personnel employé dans les cabines de bronzage artificiel ou dans les salles de traitement par photothérapie doit être attentif à la durée d'exposition à ces lampes ; si ces durées dépassent les durées maximales d'exposition journalières admissibles, le

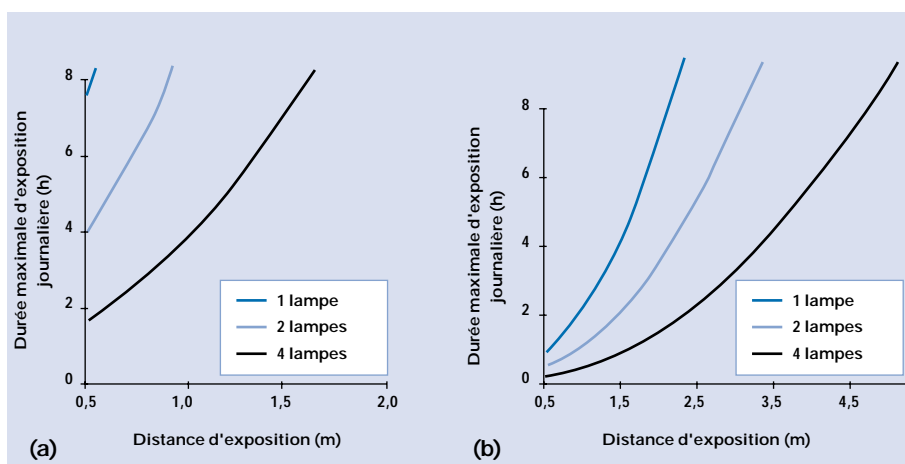


Fig. 7. Limites d'emploi correspondant à 1, 2 et 4 lampes : (a) risque PEAU<sub>UVeff</sub> + CEIL<sub>UVeff</sub>, (b) risque CEIL<sub>UVA</sub>

port de vêtements et de lunettes de protection est nécessaire [8].

L'exposition chronique au rayonnement UVA peut également entraîner une opacification du cristallin (cataracte). Il faut cependant que la source soit située dans l'axe du regard de l'utilisateur pour que les rayons ultraviolets émis soient susceptibles d'atteindre le cristallin. Or, le rayonnement UVA s'accompagne souvent de rayonnement visible qui rend la source éblouissante et déclenche des réflexes d'évitement (réflexe palpébral, détournement du regard...), lesquels sont des moyens de protection.

En revanche, si l'émission est limitée au domaine UVA, le risque est réel et de plus il n'existe pas de signes précurseurs du danger. Parmi les lampes étudiées, seules les lampes dites de lumière noire entrent dans cette catégorie de sources qui émettent très peu de rayonnement visible; dès lors elles présentent des risques associés à l'UVA. La présence de telles lampes dans le champ de vision des utilisateurs est donc à éviter, d'autant que leur rayonnement direct ne présente pas d'intérêt. En effet, dans les applications courantes (détection de défauts, effets spéciaux...) ce sont les propriétés du rayonnement réfléchi par les différents supports qui sont exploitées.

## CONCLUSION

Vingt lampes sur les trente étudiées sont susceptibles de présenter des risques liés à l'émission de rayonnement ultraviolet. La nature et le niveau des risques varient selon la répartition spectrale et la puissance des sources mais également selon leurs conditions d'utilisation.

La distance d'exposition, la durée d'exposition journalière et le nombre de lampes en service sont trois facteurs à prendre en compte pour évaluer le risque relatif à une source de rayonnement ultraviolet.

Ainsi, les courbes distances-durées d'exposition journalière maximales admissibles, établies pour chaque type de lampe déterminent leurs limites d'emploi. Si les durées d'exposition journalières dépassent les durées maximales admissibles ainsi déterminées, le port de lunettes et/ou de vêtement de protection s'avère nécessaire.

L'importance du danger dépend également de la nature de l'exposition. Au-delà de l'exposition accidentelle, dont les effets sont immédiats mais réversibles, l'exposition chronique semble à long terme la plus dangereuse.

L'apparition d'un érythème même léger, consécutif à l'emploi de lampes de rayonnement ultraviolet, doit inciter l'utilisateur à se protéger, afin d'éviter l'apparition de lésions plus graves à long terme.

## BIBLIOGRAPHIE

1. Vocabulaire international de l'éclairage - Paris, Commission Internationale de l'Éclairage, 1987, document CIE n° 17, 365 p.
2. DYEYRE P., MEREAU P. - Effets sur la santé de l'exposition professionnelle aux rayonnements ultraviolets. *Documents pour le Médecin du Travail*, 1994, 57, pp. 3-10.
3. CNBE - Technique de l'éclairage. Liège, Vaillant-Carmanne, 1974, 480 p.
4. IRPA - Guideline on limits of exposure to ultraviolet radiations of wavelengths between 180 nm and 400 nm. IRPA guidelines on protection against non-ionizing radiations. Oxford, Pergamon Press, 1991.
5. ICNIRP - Guidelines on UV radiation exposure limits. *Health Physics*, 1996, 71, p. 978.
6. MUKHTAR H., ELMETS C.A. - Photocarcinogenesis : Mechanisms, models and human health implications. *Photochemistry and Photobiology*, 1996, 63, pp. 355-447.
7. MURRAY W.E. - Ultraviolet radiation exposures in a mycobacteriology laboratory. *Health Physics*, 1990, 58, pp. 507-510.
8. GIES H.P., ROY C.R., ELLIOT G. - Artificial tanning : spectral irradiance and hazard evaluation of ultraviolet sources. *Health Physics*, 1986, 50, pp. 691-703.