

La pollution lumineuse

9 septembre 2005

Arnaud Zufferey & Immacolata Febbraro

Description

Définition Selon l'encyclopédie Wikipedia¹, *la pollution lumineuse qualifie la présence de lumière dans le ciel pendant la nuit. Elle a pour origine la lumière artificielle des villes. Elle est alors dispersée par les molécules de gaz et les particules se trouvant dans l'atmosphère terrestre. Ainsi se forme un halo lumineux diffus qui masque la voûte céleste. Celui-ci varie en fonction des conditions météorologiques.*

Kobler (2002) donne une définition plus opérationnelle : *la pollution lumineuse est le rayonnement lumineux infrarouge, UV et visible émis à l'extérieur ou vers l'extérieur, et qui par sa direction, intensité ou qualité, peut avoir un effet nuisible ou incommodant sur l'homme, sur le paysage ou les écosystèmes.*

Les sources de lumière artificielle sont très nombreuses :

- éclairage public : routes et chemins, pistes cyclables, places, parkings, terrains de sport (piscines, patinoires, terrains de football, pistes de ski, tennis), éclairage de monuments historiques (châteaux, ruines, ponts, églises) ou d'œuvres d'art (fontaines, statues), etc. ;
- éclairage des véhicules (obligatoire selon art. 41 LCR, RS 741.01) ;
- éclairage publicitaire : vitrines, enseignes lumineuses, *sky beamers* (projecteurs publicitaires) ;
- éclairage privé extérieur (entrées, allées, jardins, balcons, terrasses) et intérieur (pièces éclairées en l'absence de rideaux, stores ou volets) ;
- éclairage des bateaux et des ports ;
- signalisation lumineuse pour les avions sur les édifices (tours, antennes, pylônes) et pistes d'atterrissage ;
- etc.

Les sources de lumière sont facilement identifiables, contrairement à d'autres types de pollution, comme la pollution de l'air ou de l'eau. Elles sont parfois visibles à des dizaines de kilomètres. L'éclairage nocturne est de plus en plus répandu et suit une courbe de croissance exponentielle.

Conséquences La première conséquence évidente est le gaspillage d'électricité. En effet, la lumière qui éclaire le ciel est perdue, et on produit ainsi du CO₂ et des déchets nucléaires en vain.

La pollution lumineuse gêne particulièrement les astronomes qui ont besoin de l'obscurité la plus absolue possible pour bien observer les astres célestes. Selon Demoulin (2005) *les ampoules les moins nuisibles pour l'astronomie professionnelle sont celles au sodium à basse pression, car elles émettent dans une bande étroite du spectre visible, laissant le reste propre. Leur lumière peut ainsi être totalement éliminée des observations astronomiques à l'aide de filtres adéquats.* La figure 1 montre le spectre lumineux des types de lampes les plus courants.

Une conférence a été organisée en 2002 pour établir un bilan des connaissances actuelles sur les impacts de la pollution lumineuse sur la faune et la flore (Rich et Longcore, 2002). La plupart des intervenants concluent que les impacts de la pollution lumineuse sur les écosystèmes sont encore mal connus et des recherches complémentaires sont encore nécessaires. Voici néanmoins un résumé des articles parus :

Les Plantes disposent d'une large gamme de photorécepteurs qui perçoivent et répondent aux signaux lumineux dans la zone UV, bleue, rouge, et proche infrarouge du spectre électromagnétique. Les processus affectés par la lumière sont la germination, la croissance, l'expansion des feuilles, la floraison, le développement des fruits et la sénescence (Briggs, 2002). De nombreuses études ont été réalisées par des centres de recherche en agriculture ou en horticulture sur l'influence de la lumière sur la croissance des plantes. Dans ce cas les facteurs prépondérants sont la durée de l'éclairage, le type de lampe utilisée (spectre) et l'intensité lumineuse (Gautier *et al.*, 1998; Okamoto *et al.*, 1996; Fukuda *et al.*, 2002). L'impact de la lumière sur les autres processus est beaucoup moins étudié. Bertero *et al.* (1999) ont montré l'influence directe ou

¹http://fr.wikipedia.org/wiki/Pollution_lumineuse , le terme anglais est *photopollution* <http://en.wikipedia.org/wiki/Photopollution>.

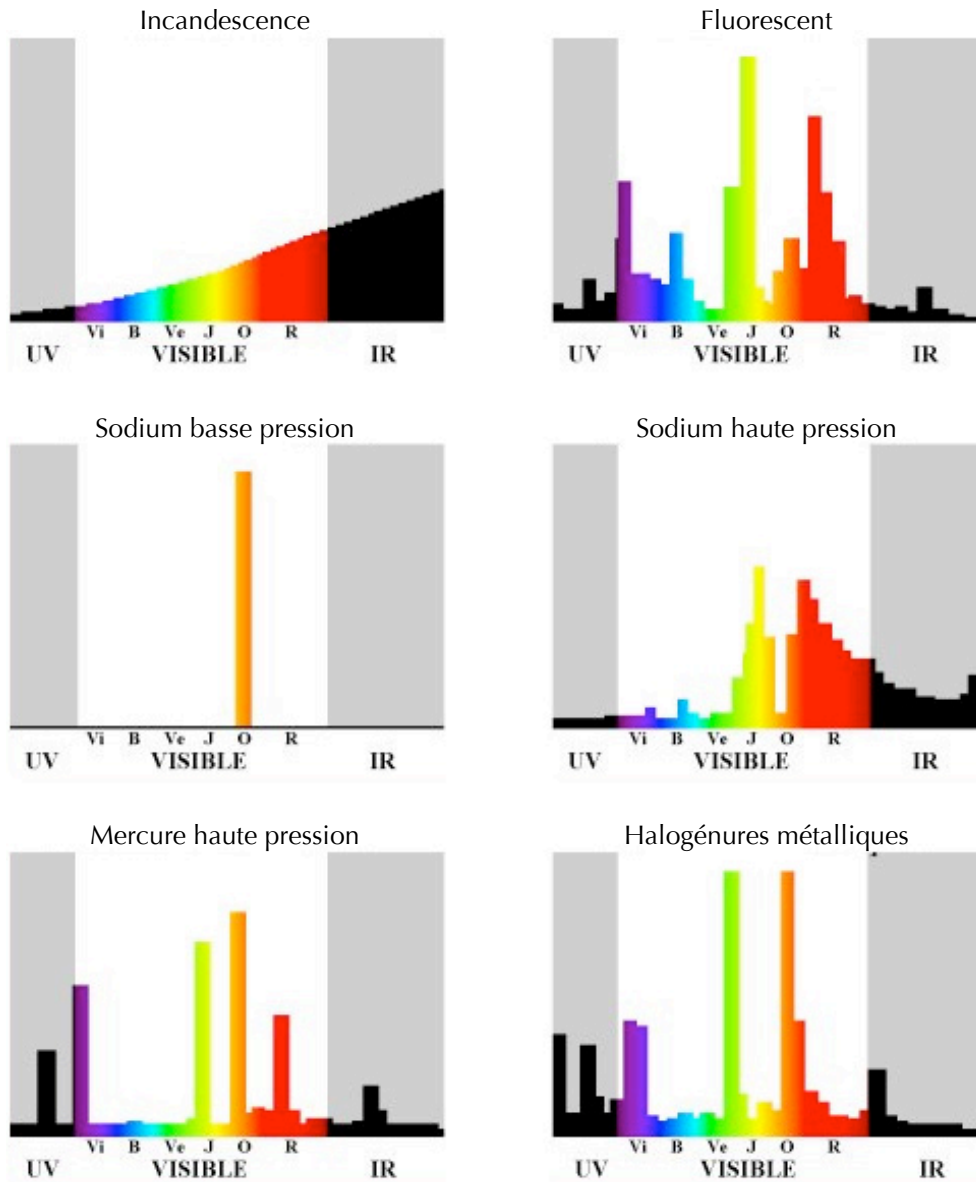


FIG. 1 – Comparaison des domaines d'émission de différents types de lampes. D'après Demoulin (2005).

indirecte de la photopériode à tous les stades de croissance du quinoa. Edwards et El-Kassaby (1996) ont montré que la lumière ralentit la germination de certaines plantes. Yoshioka *et al.* (2001) ont montré une corrélation entre la présence de lumière artificielle et un retard de croissance du riz.

On dispose d'un peu plus de données sur les animaux et il est plus facile d'émettre des hypothèses en se basant sur l'écologie des espèces, comme la période d'activité (diurne, crépusculaire, nocturne), les capacités de vision et d'orientation, les caractéristiques des prédateurs (ex : rapace nocturne) ou des proies (ex : insecte diurne). La lumière a une influence sur la plupart des animaux : modification du taux d'activité, de l'orientation, du comportement social, migratoire, ou reproducteur de la facilité à localiser une proie ou à éviter un prédateur, etc. La pollution lumineuse joue donc un rôle très important pour la conservation des espèces menacées.

Le phénomène d'attraction des **Insectes** nocturnes par la lumière, (phototaxie positive) est bien connu. Kolligs (2000) a montré que les insectes attirés par les lampes étaient à 99% des moustiques, des papillons, des mouches et des coléoptères. Eisenbeis et Hassel (2000) ont mis en évidence un rayon d'attraction autour des lampadaires de 400 à 700 m en temps normal et d'environ 50 m les nuits de pleine lune. Si l'on considère que les lampadaires sont normalement distants de 30 à 50 mètres, on peut affirmer que les rues éclairées constituent un obstacle pratiquement infranchissable pour les insectes nocturnes (Baur *et al.*, 2004, p.102). Eisenbeis a aussi établi une corrélation entre le nombre d'insectes attirés et l'intensité des lampes, ainsi qu'entre type de lampe (spectre) et le nombre d'insectes piégés. Selon lui les lampes au sodium basse pression sont les moins nuisibles pour l'entomofaune nocturne (entre 2 et 4 fois moins d'insectes attirés). Frank (2002) relève que cette attraction lumineuse a souvent une issue fatale pour les insectes : un grand nombre tourne autour des lampes jusqu'à épuisement, d'autres sont grillés par la température élevée des lampes, happés par les véhicules, ou dévorés par des chauves-souris ou des crapauds. Heiling (1999) fait état d'araignées nocturnes qui tissent leur toile de préférence dans des zones éclairées. Les insectes les plus résistants subissent encore la prédation des oiseaux actifs à l'aube. Eisenbeis et Hassel (2000) estiment à environ 150 le nombre d'insectes tués par lampadaire et par nuit d'été, ce qui représente plus d'un milliard d'insectes tués par nuit sur les 6,8 millions de réverbères d'Allemagne. Cette hécatombe a des répercussions sur tout le réseau trophique qui dépend de ces espèces et sur les plantes, car de nombreux insectes nocturnes sont pollinisateurs ou phytophages. Lloyd (2002) suggère d'utiliser les Lucioles (Lampyridae, Coleoptera) comme espèce parapluie et emblématique pour lutter contre la pollution lumineuse. En effet, les Lucioles sont les seuls animaux terrestres à émettre leur propre lumière (bioluminescence) pour communiquer et ont besoin d'une grande obscurité.

La majorité des **Oiseaux** migrants, en particulier ceux qui migrent vers l'Afrique en survolant le Sahara, se déplacent de nuit (Bruderer, 2002). De nombreux Oiseaux, comme les Passereaux ou les Canards, s'orientent grâce à la position des étoiles. Cette boussole stellaire n'est pas innée, mais acquise avant le vol migratoire. La visibilité des étoiles est donc prépondérante pour la survie de ces espèces (Teyssèdre, 1996, pp.107-116). Les Oiseaux ont évolué depuis des milliers d'années dans des conditions naturelles, avec la lune et les étoiles comme seules sources de lumière nocturne. Lors de mauvaises conditions météo ils se dirigent vers les étoiles, ce qui les aide à se tenir au-dessus de la couverture nuageuse (Bruderer, 2002). Ce comportement peut se révéler fatal en présence de lumières artificielles sur de grands édifices. De nombreux cas de collisions de masse ont été répertoriés, sur des objets très variés : tours de TV, plates-formes pétrolières, bateaux, torchères, etc. (Trapp, 1998). Par exemple en Suisse, dans les années 1970, des milliers d'oiseaux sont morts contre une paroi de glace de la Jungfrau éclairée par un projecteur publicitaire (Bruderer, 2002). Les Oiseaux migrants peuvent aussi être désorientés en pénétrant dans les dômes lumineux qui se forment au-dessus des villes la nuit. Ils sont soudain éblouis, et, privés de leur carte céleste, ils tournent en rond pendant des heures (Bruderer, 2002). Ils épuisent ainsi de précieuses ressources énergétiques qui leur sont indispensables pour franchir la Méditerranée et le Sahara (Baur *et al.*, 2004, p.102). Bruderer *et al.* (1999) ont en outre montré que les Oiseaux migrants étaient très sensibles à une stimulation optique soudaine, comme un simple faisceau lumineux issu d'une lampe de 200 W dirigée vers le haut. Les Oiseaux réagissaient très fortement, changeaient d'altitude et déviaient de leur route initiale parfois jusqu'à 45°. L'influence d'un tel faisceau lumineux peut se faire sentir jusqu'à 1 km de distance par rapport à la source. A noter que cette intensité correspond à celle des phares des voitures, mais se situe bien en dessous de celle des sky beamers (1000 à 7000 W) ! Pour certains oiseaux, comme la Barge à queue noire (*Limosa limosa*), la pollution lumineuse a un impact bien plus important que le bruit (de Molenaar *et al.*, 2002).

Selon Buchanan (2002) la pollution lumineuse a diverses conséquences sur les **Amphibiens** nocturnes. Une lumière temporaire peut éblouir ou aveugler un individu pendant une courte durée, l'empêchant de voir ses proies ou de fuir un prédateur. Une source de lumière permanente a tendance à attirer de nombreux individus qui y trouvent beaucoup d'insectes affaiblis. En même temps, la lumière les rend plus visibles aux prédateurs. La lumière peut inhiber complètement la reproduction d'espèces qui ont besoin d'une obscurité presque totale pour s'accoupler. Le rythme circadien et le taux d'activité peut aussi être fortement modifié par la présence de lumière artificielle.

Parmi les **Reptiles**, l'influence de la pollution lumineuse est peu étudiée, à part sur les Tortues (Rich et Longcore, 2002).

Un grand nombre d'**espèces aquatiques** sont sensibles à la pollution lumineuse, et ce à tous les niveaux trophiques. Une étude réalisée sur divers lacs aux Etats-Unis montre que le niveau de lumière des lacs périurbains est 5 à 50 fois plus élevé que celui des lacs éloignés des villes. Ce niveau de lumière correspond à une nuit de pleine lune permanente, et a une influence sur les Poissons et les Invertébrés aquatiques jusqu'à environ 3 mètres de profondeur (Moore et Kohler, 2002). Par exemple, les Planaires (vers plats) sont sensibles à des variations d'intensité de la lumière, et recherchent l'ombre (phototaxie négative). Leur vitesse de fuite est proportionnelle à l'intensité de la lumière imposée (Teyssèdre, 1996, p.38). Des études ont montré une influence de la pollution lumineuse sur la migration verticale des Daphnies (Moore *et al.*, 2000) et du Zooplancton (Pierce et Moore, 1998). La lumière artificielle perturbe aussi les migrations de poissons tels que le Saumon. Certaines études révèlent un phénomène d'attraction par la lumière artificielle (Larivier et Boyer-Bernard, 1991), d'autres mettent en évidence une forte augmentation de l'activité nocturne (Nemeth et Anderson, 1992).

Peu d'études portent sur l'influence de la pollution lumineuse sur les **Mammifères**, à part sur les chauves-souris (Rich et Longcore, 2002). On peut s'attendre à un taux d'activité plus bas et à une prédation plus importante des Mammifères crépusculaires et nocturnes (Hérisson, Musaraignes, Lièvre).

Un livre plus complet sur le sujet intitulé *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting* est en préparation et devrait être disponible au mois de novembre (Rich et Longcore, 2005).

Des recherches sont aussi en cours pour voir quel est l'impact de la pollution lumineuse sur la santé humaine. En effet, la lumière a une influence sur divers processus hormonaux (production de sérotonine, mélatonine) et permet de synchroniser l'horloge biologique (rythme circadien). La lumière artificielle pourrait ainsi occasionner des troubles du sommeil, ou même agir comme facteur de risque pour le cancer (Kobler, 2002).

Mesures

Les bases légales qui concernent la pollution lumineuse sont les suivantes :

- La loi sur la protection de l'environnement (LPE, RS 814.01) qui vise à protéger les hommes, les animaux et les plantes contre les atteintes nuisibles ou incommodes (art. 1). L'art. 1 énonce clairement le principe de précaution : *les atteintes qui pourraient devenir nuisibles ou incommodes seront réduites à titre préventif et assez tôt*. L'art. 6 introduit le devoir d'information des autorités. L'art. 7 place les rayons dans les émissions potentiellement nuisibles, l'art. 9 précise que les nuisances doivent être inventoriées dans le cadre d'une étude d'impact sur l'environnement, et l'art. 11 stipule que la réduction des émissions doit se faire à la source. L'art. 42 précise les services compétents au niveau du canton.
- La loi sur la protection de la nature (LPN, RS 451.1) vise entre autres à protéger les espèces indigènes (art. 1). Elle renforce le devoir d'information au public (art. 3), et souligne l'importance de la mobilité des espèces et des liaisons biologiques (art. 18).
- La loi sur la circulation routière (LCR, RS 741.01) interdit explicitement les publicités qui peuvent détourner l'attention des usagers de la route (art. 6) comme les *sky beamers*.

Le Conseil fédéral a estimé que les bases légales disponibles sont suffisantes pour prendre en compte de manière adéquate les questions liées à la pollution lumineuse. Actuellement, il n'est pas prévu d'élaborer une ordonnance introduisant des dispositions plus sévères pour lutter contre les émissions de lumière². Ce sont donc les cantons et les communes qui sont responsables de l'élaboration de dispositions légales contraignantes pour réduire les émissions de lumière à la source.

²Voir http://www.parlament.ch/afs/data/f/gesch/2004/f_gesch_20043426.htm

Nous avons rédigé un prototype d'ordonnance cantonale sur la base du modèle³ fourni par le groupe de travail NELPAG (*The New England Light Pollution Advisory Group*). Nous l'avons traduit et complété en nous inspirant des nombreuses législations en vigueur dans des pays comme l'Italie (Cinzano *et al.*, 2002), l'Espagne, ou encore la République Tchèque (Demoulin, 2005). La structure reprend celle de l'ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB, RS 814.41). Le texte est fourni ici comme base de discussion :

Ordonnance sur la pollution lumineuse (OPL)

Art. 1 – But et champ d'application

La présente ordonnance a pour but de protéger l'homme et l'environnement contre la lumière nuisible ou incommode. Elle vise aussi à réaliser d'importantes économies d'énergie. Elle s'applique à l'éclairage extérieur, public ou privé (enseignes lumineuses, lampadaires, etc.).

Art. 2 – Définition

La pollution lumineuse est le rayonnement lumineux infrarouge, UV et visible émis à l'extérieur ou vers l'extérieur, et qui par sa direction, intensité ou qualité, peut avoir un effet nuisible ou incommode sur l'homme, sur le paysage ou les écosystèmes.

Art. 3 – Limitation des émissions pour l'éclairage

- En principe, aucune lumière ne peut être émise au-dessus de l'horizontale. Des dérogations peuvent être accordées aux installations de sécurité pour lesquelles il n'existe aucune alternative (ex. pistes d'atterrissage des aéroports civils ou militaires).
- Les systèmes d'éclairage doivent être équipés de lampes les plus efficaces possibles (lumens / watt) et émettant un minimum de lumière non visible à l'oeil (infrarouge, UV).
- Les systèmes d'éclairage doivent être munis de dispositifs permettant de diminuer l'émission de lumière à une heure donnée (minuterie, détecteurs de mouvement).
- Les sources de lumière qui ne servent pas à la sé-

curité routière, fluviale ou aérienne devront être éteintes entre 22h00 et 06h00 (enseignes lumineuses, éclairage extérieur privé).

- Le taux de croissance annuel du flux lumineux lié à l'éclairage extérieur public et privé ne doit pas dépasser 2 %.
- La part de lumière dirigée vers le bas émise en dehors de la surface à éclairer ne doit pas dépasser 5%.
- Le taux de croissance annuel de la consommation de courant électrique pour l'éclairage extérieur public et privé ne doit pas dépasser 1.5%.
- Toutes les nouvelles installations doivent être compatibles avec les règlements anti-pollution lumineuse.

Art. 4 – Valeurs limites d'immissions

Dans tous les cas l'éclairage au sol ne doit pas dépasser la valeur limite (ex. 1 cd/m²)

Art. 5 – Dispositions transitoires

Le délai pour l'assainissement des lampes est fixé à 3 ans pour les lampes émettant plus de 40 % de lumière au-dessus de l'horizontale (ex : globes lumineux, appliques murales sans abat-jour) et 5 ans pour les autres. Ces délais peuvent être exceptionnellement prolongés de 2 ans, sur demande adressée à l'autorité compétente. Les communes peuvent fixer des délais plus courts pour assainir les zones à proximité de sites sensibles (réserves naturelles, observatoires astronomiques).

Normes La société suisse de normalisation (SSN) a mandaté la SIA pour établir une norme sur la pollution lumineuse. La KIU (*Normenkommission für Infrastruktur und Umwelt*) est la commission sectorielle de la SIA qui s'en occupe. (SVU | ASEP, 2005)

Etat de la technique L'industrie de l'éclairage (Lumec-Schröder, Mazda, Philips, Thorn, Urbis...) dispose doré et déjà de produits adaptés et du savoir-faire nécessaire (photométrie) pour la mise en place de lumières répondant parfaitement aux critères de la pollution lumineuse (p. ex. lampe Philips Iridium).

Certains constructeurs (Lumec, Urbis) ont mis au point des lampadaires étanches (Sealsafe) qui ne laissent pas pénétrer la poussière et les insectes. D'autres (Osram, Mazda) proposent des ampoules aux vapeurs de sodium, qui n'émettent pas d'UV et n'attirent donc pas les insectes.

Aménagements et entretien Le but est d'arriver à un éclairage nocturne de qualité (Kobler, 2002) :

1. Éclairer seulement si nécessaire (nombre de lampes) et uniquement avec des lampes munies d'abat-jour et éclairant de haut en bas (direction). Voir la figure 3.
2. Utiliser une minuterie ou un détecteur de mouvement pour s'assurer que la lumière est enclenchée lorsque c'est nécessaire, et éteinte le reste du temps.
3. Concevoir et installer les lampes en veillant à minimiser les reflets éblouissants.
4. Utiliser la bonne intensité de lumière. Trop de lumière diminue la sécurité.

³Voir <http://cfa-www.harvard.edu/cfa/ps/nelpag/ordbylaw.html>

5. Utiliser uniquement des lampes économiques qui ne produisent pas d'UV (sodium basse pression). Voir les figures 1 et 2.

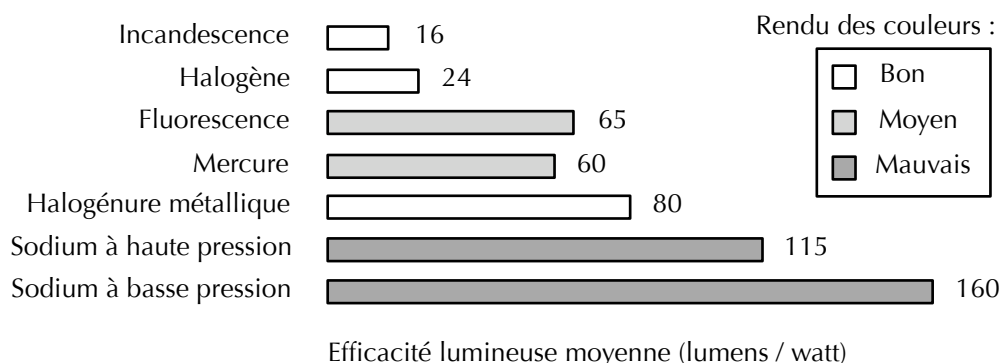


FIG. 2 – Comparaison du rendement des différents types de lampes. D'après les chiffres de Demoulin (2005).

Des priorités peuvent être définies sur la base d'une analyse coûts-bénéfices :

1. Les lasers et les *sky-beamers* ne sont en aucun cas nécessaires, leur utilité est discutable et les impacts sur la faune sont démontrés. La législation en vigueur les interdit, il ne reste donc qu'à l'appliquer.
2. La construction de nouvelles lampes devrait tenir compte de la pollution lumineuse.
3. Le réseau existant devrait être assaini progressivement en commençant par les lampes les plus nocives (comme les globes lumineux à proximité de zones naturelles).

Exemples de réalisations et coûts.

- En Suisse la ville de Liestal a trouvé un accord avec les commerçants⁴ : les enseignes lumineuses sont désormais éteintes entre 02h00 et 06h00. La ville de Zürich a mis en place un plan de réduction de la pollution lumineuse sur 10 ans⁵, intitulé *Plan Lumière*. Suite à l'intervention de l'association Dark-Sky Switzerland, les CFF ont revu l'éclairage des nouvelles gares régionales RV05. La pollution lumineuse a ainsi diminué et les CFF économisent désormais près de 100 000 francs par an⁶.
- En Italie, les petites villes de Frosinone et de Ferentino dans le Latium, ont adapté l'ensemble de leurs lampadaires, comme les y oblige désormais une loi régionale. Pour le même éclairage au sol, elles ont réduit leur consommation d'énergie d'un facteur deux (et même d'un facteur quatre après 23 h). La facture d'électricité a été diminuée de plus des deux tiers, le coût engendré par les travaux étant récupéré en un an. D'après Cinzano et al. (2002, p.177-180), cité par Demoulin (2005).
- Au Canada, la ville de Calgary (un million d'habitants) a entrepris de remplacer les 37 500 luminaires de son éclairage public, en utilisant des modèles munis de verre plat et de meilleur réflecteur. Ces modèles améliorent le confort des usagers de la route, car ils provoquent moins d'éblouissement. Ils consomment aussi moins d'électricité : 1,4 million d'euros vont ainsi pouvoir être économisés chaque année ; les dépenses dues aux travaux vont être récupérées en 6 ou 7 ans. Utiliser moins d'énergie réduit également les émissions de CO₂ : la réduction est estimée à plus de 400 kg par lampe et par an ! D'après Demoulin (2005).

Les organisations suivantes offrent beaucoup de documents complémentaires :

- International Dark-sky association (IDA) : <http://www.darksky.org/>. La section suisse s'appelle Dark-Sky Switzerland : <http://www.darksky.ch/>

⁴Voir <http://www.Liestal.ch>

⁵Voir <http://www.plan-lumiere.ch/>

⁶Source : *Der Bund*, 20 juillet 2004.

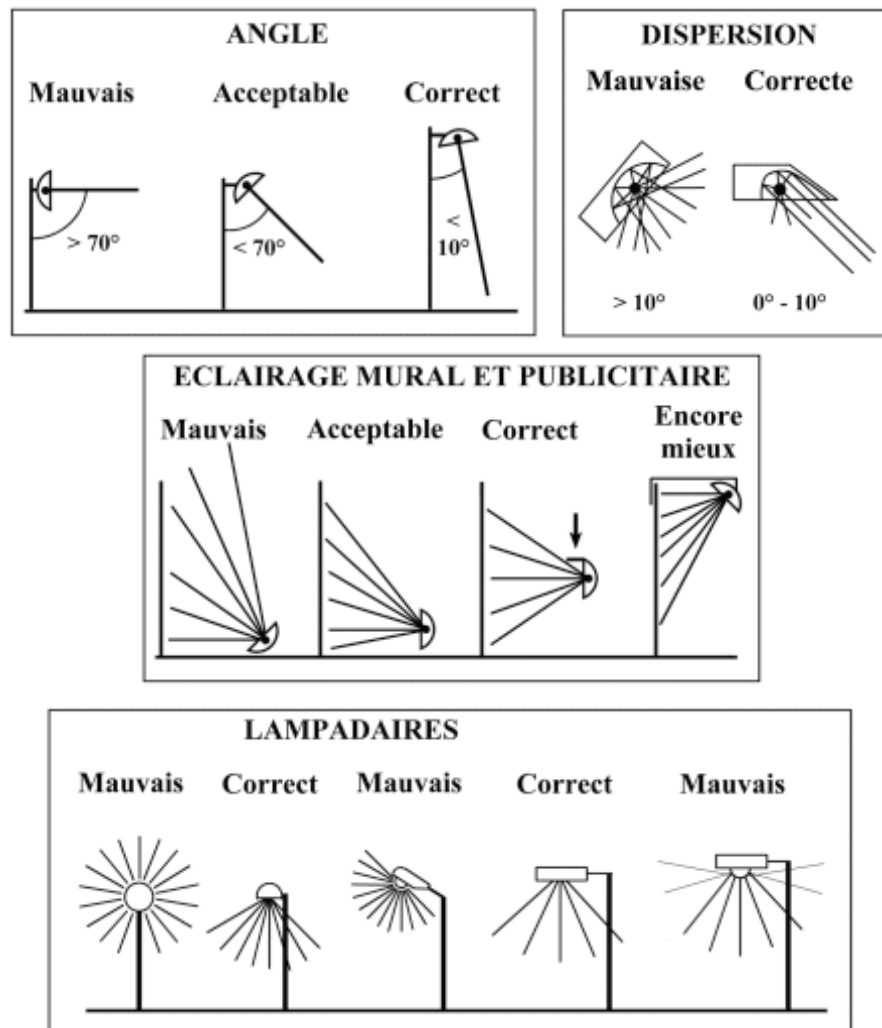


FIG. 3 – Recommendations pour l'éclairage. D'après Demoulin (2005).

- L'Association Nationale pour la Protection du Ciel Nocturne offre la meilleure documentation en français : <http://www.astrosurf.com/anpcn/>.

Localisation

La figure 4 montre la pollution lumineuse en Valais. On voit clairement ressortir les grandes villes de plaine comme Sierre, Sion, Martigny ou Brig. On constate aussi qu'il n'y a plus un seul kilomètre carré qui ne soit pas touché par la pollution lumineuse. La carte tient compte de l'obscurité naturelle du ciel, de l'altitude, de la diminution de l'intensité lumineuse des étoiles due à l'atmosphère, et de la capacité de l'oeil à distinguer des point lumineux à travers un halo lumineux (Cinzano, 2001). D'autres cartes et images satellites sont disponibles sur Internet (NOAA, 1995; Cinzano, 2000).

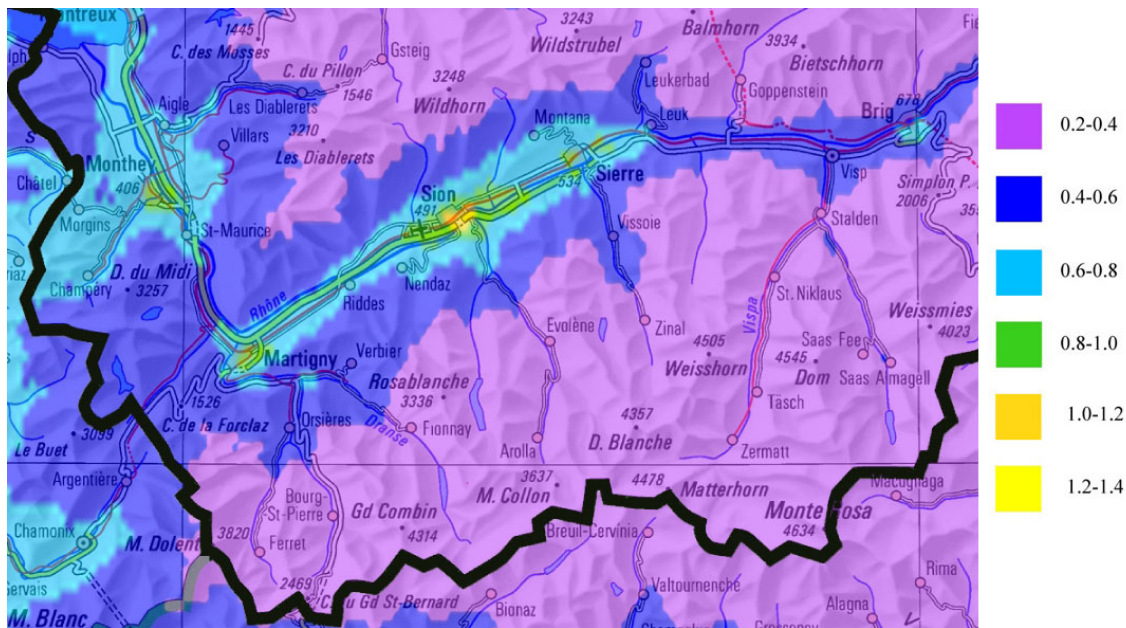


FIG. 4 – Pollution lumineuse dans la plaine du Rhône. Les niveaux correspondent à une perte de magnitude V . La carte représente la diminution de la visibilité des étoiles. Celle-ci diminue de 50% tous les 0.6 de magnitude perdue. Par exemple, pour Sion la perte de magnitude est de 1.2, il n'y a donc plus que 25% des étoiles qui sont visibles. Carte établie par Klett (2005) sur la base des travaux de Cinzano *et al.* (2000); Cinzano (2001).

Références

- BAUR, B. *et al.* (2004). *La biodiversité en Suisse. Etat, sauvegarde, perspectives*. Haupt Verlag.
- BERTERO, H. *et al.* (1999). Photoperiod-sensitive development phases in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field Crops Research*, 60(3):231–243.
- BRIGGS, W. R. (2002). *Plant photoreceptors : proteins that perceive information vital for plant development from the light environment*. Part of the conference Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Abstract available online : <http://www.urbanwildlands.org/abstracts.html>.
- BRUDERER, B. (2002). *Störung nächtlich ziehender Vögel durch künstliche Lichtquellen*. Station ornithologique suisse Sempach. Disponible sur <http://www.darksky.ch/downloads/downloads.html>.

- BRUDERER, B. *et al.* (1999). Behaviour of migrating birds exposed to x-band radar and a bright light beam. *Journal of Experimental Biology*, 202(9):1015–1022.
- BUCHANAN, B. W. (2002). *Observed and potential effects of artificial light on the behavior, ecology, and evolution of nocturnal frogs*. Part of the conference Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Abstract available online : <http://www.urbanwildlands.org/abstracts.html>.
- CINZANO, P. (2000). The night sky in the world. Site web. <http://www.lightpollution.it/dmsp/>.
- CINZANO, P. (2001). Light pollution in italy. Site web. <http://deborapd.astro.it/cinzano/papers.html>.
- CINZANO, P. *et al.* (2000). Measuring and modelling light pollution. *Journal of the italian astronomical society*, 71(1).
- CINZANO, P. *et al.* (2002). *Light pollution and the protection of the night environment – Venice, let's save the night*. Dipartimento di Astronomia Padova.
- DE MOLENAAR, J. G. *et al.* (2002). *Road illumination and black-tailed godwit*. Part of the conference Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Abstract available online : <http://www.urbanwildlands.org/abstracts.html>.
- DEMOULIN, P. (2005). *Préservons la beauté du ciel nocturne – comment lutter contre la pollution lumineuse*. Site web. <http://www.astro.ulg.ac.be/~demoulin/pollum/polluml.htm>.
- EDWARDS, D. G. W. *et* EL-KASSABY, Y. A. (1996). The effect of stratification and artificial light on the germination of mountain hemlock seeds. *Seed Science and Technology*, 24(2):225–235.
- EISENBEIS, G. *et* HASSEL, F. (2000). Attraction of nocturnal insects to street lights – a study of municipal lighting systems in a rural area of rheinhessen (germany). *Natur und Landschaft*, 75(4):145–156.
- FRANK, K. D. (2002). *Impact of artificial lighting on moths*. Part of the conference Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Abstract available online : <http://www.urbanwildlands.org/abstracts.html>.
- FUKUDA, N. *et al.* (2002). Effects of light quality, intensity and duration from different artificial light sources on the growth of petunia (petunia x hybrida vilm.). *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 71(4):509–516.
- GAUTIER, H. *et al.* (1998). Comparison of horizontal spread of white clover (trifolium repens l.) grown under two artificial light sources differing in their content of blue light. *Annals of Botany*, 82(1):41–48.
- HEILING, A. M. (1999). Why do nocturnal orb-web spiders (araneidae) search for light? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 46(1):43–49.
- KLETT, S. (2005). Schweiz : Kein ort mehr mit vollkommen dunklem himmel. Site web. http://darksy.ch/medien/artikel/lpoll_ch.html.
- KOBLER, R. (2002). Die Lichtverschmutzung in der Schweiz. Mögliche Auswirkungen und praktische Lösungsansätze. Diplomarbeit, Institut für Umwelttechnik, Fachhochschule Basel.
- KOLLIGS, D. (2000). Ecological effects of artificial light sources on nocturnally active insects, in particular on butterflies (lepidoptera). *Faunistisch-Oekologische Mitteilungen Supplement*, 28:1–136.
- LARINIER, M. *et* BOYER-BERNARD, S. (1991). Downstream migration of smolts and effectiveness of a fish bypass structure at halsou hydroelectric powerhouse on the nive river. *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*, 321:72–92.

- LLOYD, J. E. (2002). *Stray light, fireflies, and fireflyers*. Part of the conference Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Abstract available online : <http://www.urbanwildlands.org/abstracts.html>.
- MOORE, M. V. *et al.* (2000). *Urban light pollution alters the diel vertical migration of Daphnia*. Proceedings of the International Society of Theoretical and Applied Limnology.
- MOORE, M. V. *et KOHLER, S. J.* (2002). *Measuring light pollution in urban lakes and its effects on lake invertebrates*. Part of the conference Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Abstract available online : <http://www.urbanwildlands.org/abstracts.html>.
- NEMETH, R. S. *et ANDERSON, J. J.* (1992). Response of juvenile coho and chinook salmon to strobe and mercury vapor lights. *North American Journal of Fisheries Management*, 12(4):684–692.
- NOAA (1995). Nighttime lights of the world : 1994-1995. Site web. http://dmsp.ngdc.noaa.gov/html/download_Night_time_lights_94-95.html.
- OKAMOTO, K. *et al.* (1996). Development of plant growth apparatus using blue and red led as artificial light source. *Acta horticulturae*, 440:111–116.
- PIERCE, S. M. *et MOORE, M. V.* (1998). *Light pollution affects the diel vertical migration of freshwater zooplankton*. Annual Meeting of the Ecological Society of America, Baltimore, MD.
- RICH, C. *et LONGCORE, T.* (2002). *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Site web. <http://www.urbanwildlands.org/conference.html>.
- RICH, C. *et LONGCORE, T.* (2005). *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Island Press. A paraître en novembre 2005. ISBN : 1-55963-129-5.
- SVU | ASEP (2005). *SIA – Vous avez dit KIU ?* Bulletin numéro 2 / 2005. Association suisse des professionnels de l'environnement. <http://www.svu-asep.ch/>.
- TEYSSÈDRE, A. (1996). *L'orientation des animaux – Méthodes et mécanismes*. Nathan.
- TRAPP, J. L. (1998). *Bird kills at towers and other man-made structures : an annotated partial bibliography (1960–1998)*. Site web. <http://www.jmu.edu/wmra/engineering/bibliography.html>.
- YOSHIOKA, H. *et al.* (2001). Effects of illuminations at night on heading, yield, and its components in rice grown in the early season in miyazaki prefecture. *Japanese Journal of Crop Science*, 70(3):387–392.