



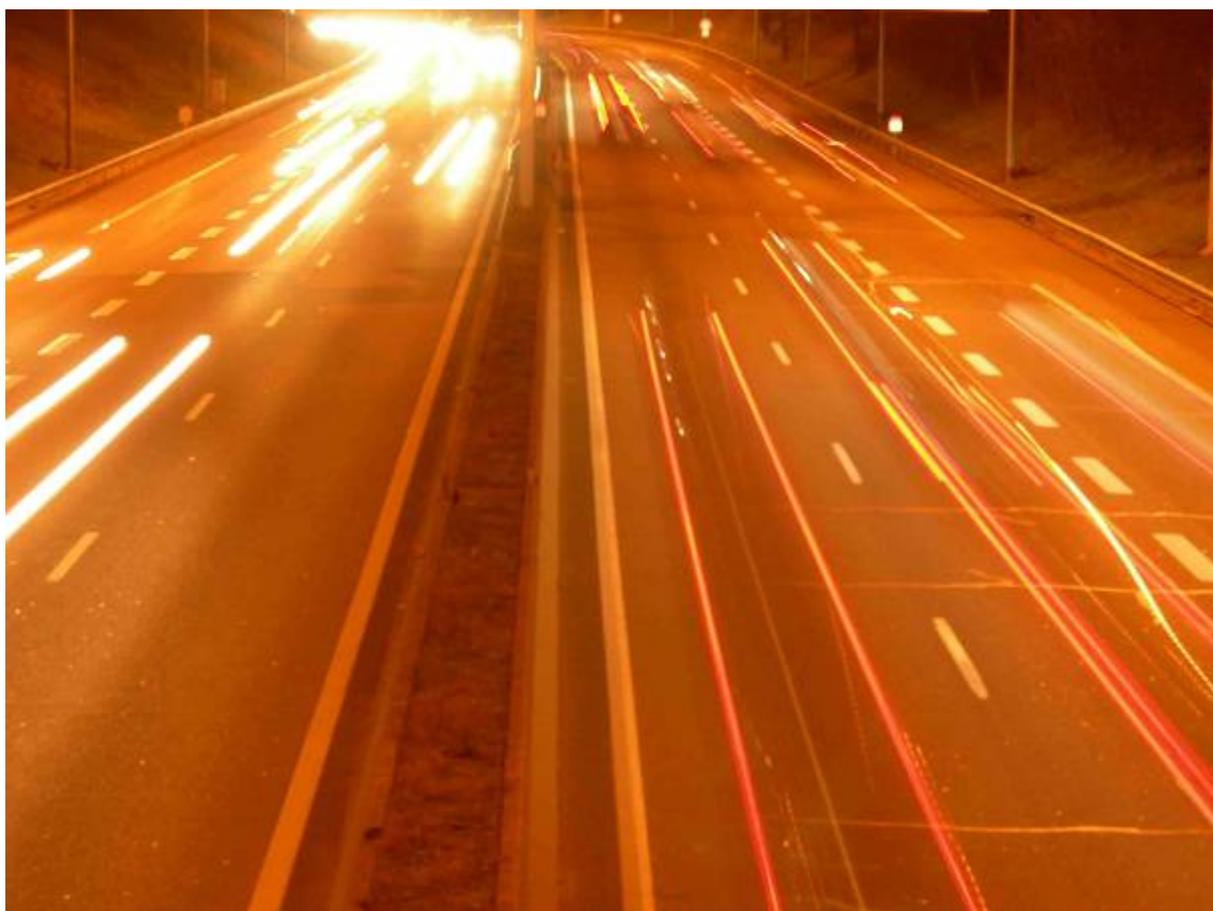
Impact de la pollution lumineuse sur la biodiversité. Synthèse bibliographique

Convention MEEDDAT / MNHN 2008 - fiche n°2

Citation bibliographique : J.-Ph. Sibley, 2008 : ***Impact de la pollution lumineuse sur la biodiversité. Synthèse bibliographique.*** Rapport MNHN-SPN / MEEDDAT n°8 : 28 pages.

Remerciements

Piotr DASZKIEWICZ et Philippe GOURDAIN (MNHN/EGB/SPN) pour la recherche et la fourniture d'éléments bibliographiques, Daniel MALENGREAU (FCBN), Anne-Claude VAUDIN (MNHN/EGB/MPA), Patrick HAFFNER et Jacques COMOLET-TIRMAN (MNHN/EGB/SPN) pour la communication d'informations sur le sujet, Nicolas POULET (ONEMA) pour ses orientations bibliographiques concernant les organismes aquatiques dulçaquicoles et sa relecture attentive, Yves SOUCHET (ONEMA) pour sa note bibliographique, Sabine MOREAU (MEEDDAT/DEB) pour sa relecture.



Pollution lumineuse routière (cliché Philippe GOURDAIN - MNHN/SPN)

INTRODUCTION

La pollution lumineuse est un phénomène connu depuis longtemps et qui est directement lié au développement de l'urbanisation et à une occupation du territoire par les activités humaines de plus en plus denses. Les astronomes ont été les premiers à alerter l'opinion publique sur la photopollution dès les années 80.

Les naturalistes, notamment les ornithologues avaient déjà remarqués depuis très longtemps que certains types de lumières avaient des conséquences tout à fait désastreuses pour l'orientation des oiseaux migrateurs et pouvaient occasionner des mortalités conséquentes (Kumlien, 1888, Munro, 1924, Lewis 1927...)

Ce n'est qu'à partir des années 90 que le sujet a fait l'objet d'une véritable préoccupation et que des études ont été menées un peu partout dans le monde. Ceci conduit à une véritable prise de conscience y compris des professionnels de l'éclairage qui ont élaborés des normes pour minimiser l'impact de l'éclairage urbain notamment.

Pour situer l'importance du phénomène, il faut considérer que près de 20% de la surface du globe peut être considérée comme atteinte par la pollution lumineuse. Ce problème de pollution lumineuse est devenu tellement prégnant qu'un atlas mondial de la pollution lumineuse a même été édité (Cinzano & al. 2001).

Ce phénomène affecte de façon très sensible la biologie des animaux en modifiant le cycle naturel de la lumière et de l'obscurité au cours de la journée. Elle affecte également les comportements migratoires, les activités de compétition inter-spécifiques, les relations proies-prédateurs et altère leurs physiologies. Beaucoup moins « médiatisées » les conséquences sur les végétaux.

Ceci explique pourquoi ce problème a été évoqué lors du « Grenelle de l'environnement ».

La présente synthèse a pour objet de réaliser un état de la connaissance sur cette question à travers l'analyse de la bibliographie disponible. Elle se décompose en deux grandes parties :

- la première recense le type d'impacts vis-à-vis des différents organismes vivants ;
- la seconde s'attache à faire l'inventaire des mesures d'atténuation des impacts envisageables.

KUMLIEN H.F. (1888).- Observations on bird migration in Milwaukee. *Auk* 5 : 325-328.

LEWIS H.F. (1927).- destruction of birds by lighthouse in the provinces of Ontario and Quebec. *Canadian Field-Naturalist* 41 : 55-58.

MUNRO J.A. (1924).- A preliminary report in the destruction of birds at lighthouse on the coast of British Columbia. *Canadian Field-Naturalist* 38 : 171-175.

DEFINITIONS

Le terme « pollution lumineuse » est apparu récemment dans la littérature. Certains auteurs ont même proposés une autre terminologie « photopollution » englobant l'ensemble des lumières ayant des impacts négatifs sur la faune et la flore sauvage (Verheijen, 1985).

Selon Longcore et Rich (2004), la pollution écologique lumineuse s'applique à la lumière artificielle qui altère l'alternance du jour et de la nuit (rythme nyctéméral) dans les écosystèmes.

Cette pollution écologique lumineuse englobe plusieurs types de phénomènes et de nuisances :

- la sur-illumination, c'est-à-dire l'utilisation excessive de lumière ;
- l'éblouissement due à une trop forte intensité lumineuse ou à un contraste trop intense entre des couleurs claires et sombres ;
- la luminescence nocturne du ciel provoquée par la lumière non directionnelle émise en direction du ciel par les éclairages urbains, phénomène souvent nommé par le terme anglais « Sky Glow ».

Kobler (2002) donne une définition 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 incommode sur l'homme, sur le paysage ou les écosystèmes ».

On parle de « phototaxie positive », lorsque les animaux sont attirés par la lumière, ou de « phototaxie négative » lorsqu'au contraire ils cherchent à s'en éloigner.

KOBLER, R. (2002). Die Lichtverschmutzung in der Schweiz. Mögliche Auswirkungen und praktische Lösungsansätze. Diplomarbeit, Institut für Umwelttechnik, Fachhochschule Basel.

LONGCORE T. & RICH C. (2004).- Ecological light pollution. *Front. Ecol. Environ* 2004 (2) : 191-198.



Eclairages nocturnes (Cliché Philippe GOURDAIN – MNHN/SPN)

ANALYSES PAR GROUPES

Nb : certaines références bibliographiques citées dans la bibliographie annexée à chaque groupe ne sont pas reprises dans les textes. Certaines figurent uniquement dans la section bibliographie générale.

Mammifères

Les chiroptères sont les mammifères qui semblent les plus affectés par la pollution lumineuse.

Trois principales causes de perturbations sont identifiées (Holsbeek, 2008) :

- des effets sur les colonies de reproduction, les gîtes d'hibernation et les reposoirs ;
- un effet de barrière visuelle contribuant à la fragmentation du paysage nocturne ;
- interférence avec l'activité alimentaire incluant la distribution des proies et la compétition inter-spécifique ;

Des études récentes montrent que l'éclairage nocturne peut aller jusqu'à la destruction de colonies de reproduction. Les juvéniles sont significativement plus petits lorsqu'ils occupent des bâtiments éclairés. Des différences de la longueur de l'avant bras, de la masse corporelle indiquent que la période de parturition débute plus tardivement et/ou le taux de croissance est inférieur dans les bâtiments illuminés (Boldogh, 2007).

Beaucoup d'espèces de mammifères terrestres manifestent une répulsion vis-à-vis des zones éclairées au point que l'éclairage est utilisé dans certains cas pour dissuader des prédateurs d'accéder à des zones habitées (Beier, 2006). Les micros-mammifères se nourrissent moins dans les zones fortement éclairées, phénomène également constaté chez les lagomorphes (Beier, 2006, Bird et al. 2004). Une sur-illumination occasionnée par une simple lampe à pétrole est suffisante pour réduire significativement la recherche alimentaire de micro-mammifères (Kottler, 1984).

Concernant les mammifères marins, la lumière artificielle peut avoir des conséquences inattendues, comme par exemple des rassemblement de Phoques veaux-marins (*Phoca vitulina*) venant chasser des saumons juvéniles lors de la dévalaison, avec des niveaux de prédation très importants pour la dynamique de population de ces poissons (Yurk & Trites, 2000).

BEIER P. (2006).- Effects of artificial night lighting on terrestrial mammals. Pp. 19-42 in *Ecological consequences of artificial night lighting* (C. RICH & T. LONGCORE, eds.). Island Press : Washington D.C., 458 pp

BIRD B.L., BRANCH L.C. & MILLER D.L. (2004).- Effects of coastal lighting on foraging behaviour of Beach mice. *Conservation Biology* 18 (5) : 1435-1439.

BLAKE D., HUTSON AM, RACEY P.A. & al. (1994).- Use of lamplit roads by foraging bats in southern England. *J. Zool.* 234 : 453-62.

- BOLDOGH, S, DOBROSI D. & SAMU P. (2007).- The effects of the illuminations on house-dwelling bats and its conservation consequences. *Acta Chiropterologica* 9 : 527-534.
- COWEN R. (1990).- Rodents and Telescopes : A Squirrelly Issue. *Science News* 131 (1) : 7
- CRAWFORD R.L. & W.W. BAKER (1981).- Bats killed at a north Florida television tower : a 25 year record. *Journal of Mammalogy* 62 : 651-652.
- GRIGIONE M.M. (2002).- *Turning night into day : the effects of artificial night lighting on endangered and other mammal species*. Part of the conference Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Abstract available online : <http://www.urbanwildlands.org/abstracts.html>
- HOLSBECK L. (Convenor) (2008).- *International Working Group on Light Pollution – Draft assessment of critical points*. 13th Meeting of the Advisory Committee. Cluj, Romania, 23-24 August 2008.
- KOTTLER B.P. (1984).- Risk of predation and the structure of desert community. *Ecology* 65 : 689-701.
- RYDELL J. (1991).- Seasonal use of illuminated areas by foraging northern bats *Eptesicus nilssonii*. *Holarctic Ecology* 14 : 203-207.
- RYDELL J. (2006).- Bats and their insect prey at streetlights. Pp. 43-60, in *Ecological consequences of artificial night lighting* (C. RICH & T. LONGCORE, eds.). Island Press : Washington D.C., 458 pp.
- RYDELL J. & BAAGOE H.J. (1996a).- Bats and street-lamps. *Bats* 14 : 10-13.
- RYDELL J. & BAAGOE H.J. (1996b).- Street lamps increase bat predation on moths. *Entomologisk Tidskrift* 117 : 129-135.
- SVENSSON A.M. & RYDELL J. (1998).- Mercury vapour lamps interfere with the bat defence of tympanate moths (Operophtera spp. ; Geometridae). *Animal Behaviour* 55 : 223-226.
- YURK H. & TRITES A.W. (2000).- Experimental attempts to reduce predation by Harbour seals on out-migrating juvenile salmonids. *Trans. Am. Fish. Soc.* 129 : 1360-1366.

Oiseaux

Parmi les différents groupes, les oiseaux sont certainement ceux qui ont fait l'objet du plus grand nombre d'études sur le sujet.

Les conséquences négatives sur l'avifaune sont particulièrement sensibles lors de la reproduction et de la migration :

- en période de nidification, les oiseaux et les juvéniles peuvent être attirés par des sources lumineuses parasites ce qui a pour conséquence de les empêcher de regagner leur nid ou de trouver leur direction. Cette situation est particulièrement dramatique pour les procellariiformes (Telfer & al. 1987). Pour le Pétrel de Barau, espèce endémique de l'île de la Réunion la principale menace est la mortalité due aux lumières artificielles (Le Corre & al. 2002). Il ne faut pas minimiser les conséquences des lumières issues de la circulation automobiles pour des espèces telles que les rapaces nocturnes et les engoulevents par exemple. L'éblouissement des oiseaux est un facteur aggravant dans les collisions avec les véhicules. La phénologie de la reproduction est également affectée dans la mesure où certaines espèces commensales de l'homme (Moineau domestique – *Passer domesticus* par exemple) réalisent plusieurs nichées chaque année. Il faut noter que dans ce cas, la chaleur procurée par les lampes joue également un rôle important. D'autres études montrent que la densité des nids de Barges à queue à noire (*Limosa limosa*) dans des prairies humides hollandaises est nettement plus faible à proximité des routes éclairées que de celles qui ne le sont pas, et ce toutes conditions écologiques identiques par ailleurs. Cet effet répulsif est sensible jusqu'à plus de 300 m de la route (De Molenaar & al., 2000).
- lors des déplacements migratoires, les lumières artificielles provenant d'édifices tels que les phares, les tours, les plates-formes pétrolières, occasionnent des mortalités très importantes soit par collision directe soit par épuisement et prédation, notamment lorsque les conditions météorologiques sont défavorables (mauvaise visibilité). La majorité des oiseaux migrateurs, en particulier ceux qui migrent vers l'Afrique en survolant le Sahara se déplacent de nuit. 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 migrateurs 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 migrateurs étaient très sensibles à une stimulation optique soudaine, comme un simple faisceau lumineux issu d'une lampe de 200W 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 (Molenaar et al., 2002).

ARCOS J. & ORO D. (2002).- Significance of nocturnal purse seine fisheries for seabirds : a case study off the Ebro Delta (NW Mediterranean). *Marine Biology* 141 : 277-286.

AVERY M.L., SPRINGER P.F. & CASSEL J.F. (1976).- The effects of a tall tower on nocturnal bird migration. A portable ceilometer study. *Auk* 93 : 281-291.

BAIRD P.H. (1990).- Concentrations of seabirds at oil-drilling rigs. *Condor* 92 : 768-771.

BALDWIN D.H. (1965).- Enquiry into the mass a of nocturnal migrants in Ontario. *Ontario nat.* 3 : 3-11.

BERGEN F. & ABS M. (1997).- Etho-ecological study of the study of the singing activity of the blue tit (*Parus caeruleus*), great tit (*Parus major*) and chaffinch (*Fringilla coelebs*). *J. Ornithol.* 138 : 451-67.

BOURNE W.R.P. (1979).- Birds and gas flares. *Marine Pollution Bulletin* 10 : 124-125.

BRUDERER B., PETER D. & STEURI T. (1999).- Behaviour of migrating birds exposed to X-band radar and a bright light beam. *Journal of Experimental Biology* 2002 : 1015-1022.

BRUDERER B. (2002).- *Störung nächtlich ziehender Vögel durch künstliche Lichtquellen*. Station ornithologique Suisse. Sempach.

BRYANT S.L. (1994).- *Influences of Larus gulls and nocturnal environmental conditions on Leach's storm petrel activity patterns at the breeding colony*. M.S. thesis. Memorial Unverity of Newfoundland, St. John's.

BURKE C.M., DAVORAN W.A., MONTEVECECHI W.A. & WIESE F.K. (2005).- Seasonal and spatial trends of marine birds along offshore support vessel transects and at oil platforms on the Grand Banks. Pp. 587-614 in ARMWORTHY, CRANFORD P.J. & LEE K. (eds). *Offshore oil and gas environmental effects monitoring : approaches and technologies*, Battle Press, Columbus, Ohio.

COCHRAN W.W. & GRABER R.R. (1958).- Attraction of nocturnal migrants by lights on a television tower. *Wilson Bulletin* : 70 : 378-380.

CRAWFORD R.L. (1981).- Bird kills at a lighted man-made structure : often on nights close to a full moon. *Amer. Birds* 35 : 913-914.

DAAN S. (1976).- Light intensity and the timing of daily activity of Finches (*Fringillidae*). *Ibis* 118 : 223-236.

GAUTHREAUX S.A. & BELSER C.G. (2002).- The behavioural responses of migrating birds to different lighting systems on tall towers. Part of the conference Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Abstract available online : <http://www.urbanwildlands.org/abstracts.html>

GAUTHREAUX S.A. & BELLSER C.G. (2006).- Effects of artificial night lighting on migrating birds. Pp. 67-93 in *Ecological consequences of artificial night lighting* (C. RICH and T. LONGCORE, eds.). Island Press : Washington D.C., 458 pp.

- HENSHAW C. & CLIFF G. (2006).- Is light pollution killing our birds ? Challenge 19-20.
- HILL D. (1990).- *The impact of noise and artificial light on waterfowl behaviour : a review and synthesis of the available literature*. Norfolk. United Kingdom. British Trust for Ornithology. Report n° 61.
- HOPE-JONES P. (1980).- The effect on birds of the North Sea gas flare. *British Birds* 73 : 547-555.
- HOWELL J.C., LASKEY A.R. & TANNER J.T. (1954).- Bird mortality at airport ceilometers. *Wilson Bulletin* 66 : 207-215.
- IMBER M. (1975).- Behavior of petrels in relation to the moon and artificial lights. *Notornis* 22 : 302-306.
- JONES J. & FRANCIS C.M. (2003).- The effects of light characteristics on avian mortality at lighthouses. *Journal of Avian Biology* 34 (4) : 328.
- LARKIN R.P., TORRE-BUENO J.R., GRIFFIN D.R. & WALCOOT C. (1975).- Reactions of Migrating Birds to Lights and Aircraft. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 72 (6) : 1994-1996.
- LASKEY A.R. (1956). Bird casualties at Smyrna and Nashville ceilometers. *Migrant* 27 : 9-10.
- LE CORRE M., OLLIVER A., RIBES S. & JOUVENTIN P. (2002).- Light-induced mortality of petrels : a 4-year study from Réunion Island (Indian Ocean). *Biological Conservation* 105 : 93-102.
- LONGCORE T., RICH C. & GAUTHREAUX S.A. (2008).- Height, Guy Wires and Steady-Burning Lights Increase Hazard of Communication Towers to Nocturnal Migrants : A Review and Meta-Analysis. *The Auk* 125 (2) : 485-492.
- MARCONNOT B. (2003).- Comportement de chasse nocturne du Faucon pelerin *Falco peregrinus* à Belfort. *Ornithos* 10 (5) : 207-211.
- MILLER M.- Apparent Effects of Light Pollution on Singing Behaviour of American Robins. *Condor* 108 (1) : 130-139.
- MINATCHY N. (2004).- *Stratégie de réduction de la mortalité des pétrels induite par les éclairages publics*. Mémoire de DESS Sciences et Gestion de l'Environnement Tropical. 92 p.
- MOLENAAR de J.G., JONKERS D.A. & SANDERS M.E. (2000).- Road illumination and nature. III. Local influence of road lights on a Black-tailed Godwit (*Limosa l. limosa*) population. Wageningen, The Netherlands : Alterra.
- MOLENAAR de J.G., JOHANNES G., SANDERS M.E., JONKERS D.A. (2006).- Road lighting and grassland birds : local influence of road lighting on a Black-tailed Godwit Population, Pp. 114-136 in *Ecological consequences of artificial night lighting* (C. RICH and T. LONGCORE, eds.). Island Press : Washington D.C., 458 pp.
- MONTEVECCHI, W (2006).- Influences of artificial light on marine birds. Pp. 94-113, in *Ecological consequences of artificial night lighting* (C. RICH and T. LONGCORE, eds.). Island Press : Washington D.C., 458 pp.
- MONTEVECCHI W, WIESE F., G. DAVOREN, DIAMOND A., HUETTMANN F. & LINKE J. (1999).- *Seabird attraction to offshore platforms and seabird monitoring from offshore support vessels*

and other ships : literature review and monitoring designs. Report for Canadian Association of Petroleum Producers (CAPP), Calgary, Alberta.

MOUGEOT F. & BRETAGNOLLE V. (2000).- Predation risk and moonlight avoidance in nocturnal seabirds. *Journal of Avian Biology* 31 : 376-386.

NEGRO J.J., BUSTAMANTE J., MELGUIZO C., RUIZ J.L. & GRANDE J.M. (2000).- Nocturnal activity of Lesser Kestrels under artificial lighting conditions in Seville, Spain. *J. Raptor Res.* 34 (4) : 327-329.

OGDEN L.J.E. (1996).- *Collision course the hazards of lighted structures and windows to migrating birds*. Toronto, Canada : World Wildlife Fund Canada and Fatal light Awareness Program. 46p.

PATERSON A. M. (2001).- Birds using street lights in Spain to prolong their day. *British Birds* 94 : 506.

PODOLSKY R. (2002).- Artificial lighting and the decline of seabirds. Part of the conference Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Abstract available online : <http://www.urbanwildlands.org/abstracts.html>

POLLARD A. (2007).- Artificial lighting and birds Pp.26-31 in *Proceedings of the Dark-Skies Symposium*, Portsmouth UK : September 15th-16th, 2006.

POULSEN T. (2003).- The Light-Pollution Goes Mainstream. *Telescope* 105 (2) : 89-90.

REED J.R. (1986).- Seabird vision : spectral sensitivity and light attraction behaviour. *Dissertation Abstracts International* Part B 47.

REED J.R., SINCOCK J.L. & HAILMAN J.P. (1985).- Light attraction in endangered procellariiform birds : reduction by shielding upward radiation. *Auk* 102 : 377-383.

TELFER T. C., SINCOCK J.L., BYRD G.V., & REED J.R.. 1987. Attraction of Hawaiian seabirds to lights: conservation efforts and effect of moon phase. *Wildl. Soc. Bull.* 15: 406-413

TRAPP. J.L. (1998).- *Bird kills at towers and other man-made structures : an annotated partial bibliography* (1960-1998). U.S. Fish and Wildlife Service. Office of Migratory Bird Management. 18p.

TRYJANOWSKI P. & GRZEGORZ L. (1998).- Common Kestrels and Great Grey Shrike hunting insects by artificial light. *British Birds* 91 (8) : 327.

VERHEIJEN F.J. (1980).- The moon : a neglected factor in studies on collisions of nocturnal migrant birds with tall lighted structures and with aircraft. *Volgelwarte* : 305-320.

VERHEIJEN F.J. (1981).- Bird kills at tall lighted structures in the USA in the period 1935-1973 and kills at a Dutch lighthouse in the period 1924-1928 show similar lunar periodicity. *Ardea* 69 : 199-203.

VERNON R. (2003).- Swifts feeding by artificial light. *British Birds* 96 (3) : 142.

WIESE F.K., MONTEVECCHI W.A., DAVOREN G.K., HUETTMANN F., DIAMOND A.W. & LINKE J. (2001).- Seabirds at risk around offshore oil platforms in the North-west Atlantic. *Mar Pollut Bull.* 42 : 1-18.

Poissons et invertébrés aquatiques

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 (Teyssède, 1996,). 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 (Larinier et Boyer-Bernard, 1991), d'autres mettent en évidence une forte augmentation de l'activité nocturne (Nemeth et Anderson, 1992). A noter, comme cela a déjà été évoqué dans la partie « mammifères » l'augmentation de la prédation de Saumons attirés par des lumières, par des Phoques veaux-marins (Yurk & Trites op. cit).

Des études concernant les observations menées sur les poissons abyssaux indiquent que la lumière blanche interrompt le comportement naturel de ces poissons. Elles montrent que le pourcentage moyen de poissons filmés par les caméras est significativement supérieur avec une lumière rouge qu'avec une lumière blanche (Widder & al., 2005). La raison en serait une adaptation des yeux de ces poissons à l'environnement obscur, les lumières blanches étant susceptibles de provoquer des lésions oculaires.

Les changements de l'intensité lumineuse peuvent totalement modifier les relations proie-prédateurs. Par exemple, l'éclairage artificiel peut conduire le zooplancton à remonter régulièrement vers la surface et, de ce fait, à être victime d'une intense prédation (Gliwicz, 1986).

Une étude menée sur des poissons appartenant à la famille des Athérinides (*Labidesthes sicculus* et *Menidia beryllina*) dans des réservoirs nord-américains indique que la compétition pour le zooplancton est généralement favorable à la première de ces espèces ce qui conduit à la disparition de la seconde de nombreux lacs. Les auteurs (Ramirez et al., 2006) ont mis en évidence que l'éclairage des marinas qui bordent les lacs attirait des diptères favorisant les *Labidesthes* et limitant ainsi la compétition avec les *Menidias* plus spécifiquement planctivores.

Bardonnet et al. (2005) ont montré que le caractère lucifuge des civelles (*Anguilla anguilla*) contribuait à modifier leur positionnement au sein de la colonne d'eau en fonction de l'intensité de l'éclairage artificiel.

BARDONNET A., BOLLIET V. & BELON V. (2005).- Recruitment abundance estimation : Role of glass eel (*Anguilla anguilla* L.) response to light. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 321 : 181-190.

GAL G., LOEW E.R., RUDSTAM L.G. & MOHAMMADIAN A.M. (1999).- Light and diel vertical migration spectral sensitivity and light avoidance by *Mysis relicta*. *Can. J. Fish Aquat. Sci* 56 : 311-322.

GLIWICZ Z.M. (1986).- A lunar cycle in zooplankton. *Ecology* 67 : 883-897.

HAYMES G.T., PATRICK P.H. & ONISTO L.J. (1984).- Attraction of fish to mercury vapour light and its application in a generating station forebay. *Int. Rev. Hydrobiology* 69 : 867-876.

KLIMA E.F. & WICKHAM D.A. (1971).- Attraction of coastal pelagic fishes with artificial structures. *Transaction of the American Fisheries Society* 1 : 86-99.

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

MOORE M.V, PIERCE S.M. & WALSH H.M. et al. (2000).- Urban light pollution alters the diel vertical migration of *Daphnia*. *Verh. International Verien Limnology* 27 : 779-782.

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>.

PIERCE S.M. & MOORE M.V. (1998).- *Light pollution affects the diel vertical migration of freshwater zooplankton*. Annual Meeting of the Ecological Society of America, Baltimore, MD.

NIGHTINGALE B. & SIMENSTAD C.A. (2002).- Artificial night lighting on Salmon and other fishes in the Northwest. Part of the conference Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Abstract available online : <http://www.urbanwildlands.org/abstracts.html>

NIGHTINGALE B., LONGCORE T. & SIMENSTAD C.A. (2006).- Artificial night lighting and fishes Pp. 257-276 in *Ecological consequences of artificial night lighting* (C. RICH and T. LONGCORE, eds.). Island Press : Washington D.C., 458 pp.

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.

RAMIREZ R., JOHNSON E.R. & GIDO K.B. (2006).- Effects of artificial lighting and presence of *Menidia beryllina* on growth and diet of *Lamesthes sicculus*. *Southwestern naturalist* 51 (4) : 510-513.

WIDDER, E.A., ROBISON, B.H., REISENBICHLER K.R. & HADDOCK, S.H.S. (2005).- *Using red light for in situ observations of deep-sea fishes*.

Amphibiens et Reptiles

Une des conséquences les plus connues concerne les jeunes tortues marines après l'éclosion qui sont affectées pour la luminescence du ciel et les lumières directes. En effet, après la ponte les jeunes tortues retrouvent la mer en se repérant sur l'horizon nocturne qui est plus claire sur l'eau que sur la terre (Nicholas, 2001 ; Salmon, 2003). Les lumières artificielles perturbent les jeunes tortues qui rampent dans la mauvaise direction et meurent victime des prédateurs, et de la chaleur après le lever du jour.

Pour leur ponte, les tortues évitent les plages illuminées, ce qui a pour conséquence de concentrer les pontes dans les parties les plus sombres. Ceci conduit des pontes à être déposées dans des secteurs non optimaux, et à générer des concentrations artificielles de ponte avec comme conséquences induites des effets sur le sex-ratio des jeunes et des sur-mortalités (Salmon, 2003 ; Witherington, 2005). Le comportement de ponte lui-même peut-être perturbé.

Concernant les amphibiens, des études récentes ont démontré que des mâles de Grenouille verte exposés à des lumières artificielles étaient moins vocales et se déplaçaient plus fréquemment que des individus en ambiance naturelle, ce qui pouvait conduire à limiter les accouplements et influencer la dynamique de population (Baker, 2006). Une rapide augmentation de l'intensité lumineuse provoque une forte diminution des capacités visuelles. La durée des conséquences négatives peut aller de quelques minutes jusqu'à quelques heures (Buchanan, 1993). L'attrance des anoues pour les sources lumineuses artificielles a également été démontrée avec des conséquences négatives (Jaeger & Hailman, 1973). Les femelles de *Physalaemus pustulosus* sont moins sélectives dans le choix des partenaires pour l'accouplement dans les secteurs éclairés préférant s'accoupler rapidement pour éviter le risque de prédation (Rand & al, 1997).

Dans d'autres cas, par exemple des grenouilles placées dans un enclos à proximité d'un stade football stoppent toute activité de reproduction lorsque ce dernier est éclairé (Longcore et Rich, 2004). Les activités d'alimentation des différentes espèces de batraciens sont également conditionnées par l'intensité lumineuse : certaines espèces chassent avec une intensité lumineuse très faible, d'autres au contraire préfèrent des intensités plus fortes. Une homogénéisation de l'intensité lumineuse via l'éclairage artificiel peut générer des compétitions inter-spécifiques. L'éclairage urbain modifie le régime alimentaire des hérissons (par changement de la composition de la faune urbaine des arthropodes Obrtel & Olisova, 1981).

ANTHWORTH R., PIKE D.A. & STINER J.C. (2006).- Nesting ecology, current status and conservation of sea turtles on an uninhabited beach in Florida, USA. *Biological Conservation* 130 : 10-15.

BAKER B. J. (2006).- The effect of artificial light on male breeding-season behaviour in green frogs, *Rana clamitans malanota*. *Canadian Journal of Zoology*. : 1528-1532.

BERTOLOTTI L. & SALMON M. (2005).- Do embedded Roadway Lights Protect Sea Turtles ? *Environmental Management* 36 : 702-710.

BUCHANAN B.W. (1993).- Effects of enhanced lighting on the behaviour of nocturnal frogs. *Anim. Behav.* 45 : 893-899.

BUCHANAN B.W. (1998).- Low-illumination prey detection by squirrel treefrogs. *Journal of Herpetology* 32 : 270-274.

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>.

GLENN L. (1998).- The consequence of human manipulation of the coastal environment on hatchling loggerhead sea turtles (*Caretta caretta* L.). Pp. 58-59 in BYLES R., FERNANDEZ Y. (Comps), *Proceedings of 16th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation*, NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-412, Miami, FL.

HAILMAN J.P. (1984).- Bimodal nocturnal activity of the the Western Toad (*Bufo boreas*) in relation to ambient illumination. *Copeia* 1984 : 283-290.

HAREWOOD A. & HORROKS J. (2008).- Impacts of coastal development on hawksbill hatchling survival and swimming success during the initial offshore migration. *Biological Conservation* 141 : 394-401.

HORROKS J. (2002).- Sea Turtles and beachfront lighting in Barbados. Pp. 5-8 in Eckert K.L. & HORROKS J.A. (Eds.). *Proceedings of "Sea Turtles and Beachfront Lighting : An interactive Workshop for Industry Professionals and Policy-Makers in Barbados*, WIDECAS Technical Report 1.

IRWIN M.S., GODLEY B.J. & BRODERICK A.C. (1998).- The effect of anthropogenic lighting on marine turtles in northern Cyprus. In BYLES R. & FERNANDEZ (compilers). *Proceedings of the sixteenth annual symposium on sea turtle biology and conservation*, pp. 71-74. Tech. Mem. NMFS-SEFSC-412.

JAEGER R.G. & HAILMAN J.P. (1973).- Effects of intensity on the of the phototactic responses of adult anuran amphibians : a comparative survey : *Z. Tierpsychol.* 33 : 352-407.

KATSELIDIS K. & DIMOPOULOS D. (2000).- The impact of tourist development on loggerhead nesting activity at Daphni, Zakynthos, Greece. In : ABREU-GROBIOIS F., BRISENO-DUENAS A.R., MARQUEZ R. & SARTI L. (compilers). *Proceedings of the eighteenth annual symposium on sea turtle biology and conservation*, pp. 75-77. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-436.

LAKE K.N. (2008).- *Mitigating Anthropogenic Lighting on Sea Turtle Nesting Beaches in Anguilla : Recommendations For a Lighting Ordinance in a Tourism-Based Economy*. Master of Environmental Management degree : Nicholas School of the Environment and Earth Sciences, Duke University. p. 66.

LORNE J.K. & SALMON M. (2007).- Effects of exposure to artificial lighting on orientation of hatchling sea turtles on the beach and in the ocean. *Endangered Species Research* 3 : 23-30.

MROSOVSKY N. (1978).- Effect of flashing lights on sea-finding behaviour of Green turtles. *Behav. Biol.* 22 : 85-91.

McFARLANE R.W. (1963).- Disorientation of loggerhead hatchlings by artificial road lighting. *Copeia* 1963 : 153.

MUELLER T.L., FOOOT J.J., SPRINKEL J.M., SALMON M. & BROADWELL A.L. (2003).- Loggerhead (*Caretta caretta*) hatchling reactions to coastal roadway lighting and lighting modifications on the west coast of Florida. *NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC* 503 : 331-333.

- NICHOLAS M. (2001).- Light Pollution and Marine Turtle Hatchlings : The Straw that Breaks the Camel's Back ? *Protecting Dark Skies* 18 (4) : 77-82.
- OBRTTEL B., & HOLISOVA V. (1981).- *The Diet of Hedgehogs in an Urban Environment*. *Folia Zool.* 30 (3) : 193-201. qui montre comment l'éclairage urbain change le régime alimentaire des hérissons (par changement de la composition de la faune urbaine des arthropodes).
- PANAGOPOULOU A., DEAN Ch. & MARGARITOU LIS D. (2007).- *Short report on Sea turtle conservation on Zakynthos Island, Grece, during 2007*. Report from the Sea turtle protection Society of Greece to the European Commission and the Standing Committee of the Berna Convention (Council of Europe)., Athens, Septembrer 2007, 14 p.
- PETERS A. & VERHOEVEN K.J.F. (1994).- Impact of artificial lighting on the seaward orientation of hatchling loggerhead turtles. *Journal of Herpetology* 28 (1) : 112-114.
- PERRY G. & FISCHER R.N. (2006).- Night lights and reptiles : observed and potential effects., Pp.169-191 in *Ecological consequences of artificial night lighting* (C. RICH and T. LONGCORE, eds.). Island Press : Washington D.C., 458 pp
- PHILIBOSIAN R. (1976).- Disorientation of Hawksbill turtle hatchlings, *Eretmochelys imbricata* by stadium lights. *Copeia* 4 : 824.
- POLAND R.H., HALL G.B. & SMITH M. (1996).- Turtles and tourists : a hands-on experience of conservation for sixth formers from King's College, Taunton, on the Ionian island of Zakynthos. *J. Biol. Educ.*, 30 (2) : 120-128.
- RAYMOND P.W. (1984).- *Sea turtle disorientation and artificial beachfront lighting*. Center for Environmental Education, Washington D.C. 72 p.
- SALMON M. (2003).- Artificial night lighting and sea turtles. *Biologist* 50 : 163-168.
- SALMON M., REINERS R., LAVIN C. & WYNEKEN J. (1995).- Behavior of loggerhead sea turtles on an urban beach. I. Correlates of nest placement. *Journal of Herpetology* 29 : 560-567.
- SALMON M. & WITHERINGTON B.E. (1995).- Artificial Lighting and seafinding by loggerhead hatchlings : evidence for lunar modulation. *Copeia* 1995 : 931-938.
- TUXBURY S.M. & SALMON M. (2005).- Competitive interactions between artificial lighting and natural cues during seafind by hatchling marine turtles. *Biological Conservation* 121 (2) : 311-316.
- WISE S. E. & BUCHANAN B. W. (2006).- Influence of artificial illumination on the nocturnal behaviour and physiology of salamanders, Pp.221-251 in *Ecological consequences of artificial night lighting* (C. RICH and T. LONGCORE, eds.). Island Press : Washington D.C., 458 pp
- WISE S. E. & BUCHANAN B. W. (2006).- Observed and potential effects of artificial light lighting on anuran amphibians, Pp.192-200 in *Ecological consequences of artificial night lighting* (C. RICH and T. LONGCORE, eds.). Island Press : Washington D.C., 458 pp
- WITHERINGTON B.E (1991).- Orientation of hatchling loggerhead turtles at sea off artificially lighted and dark beaches. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 149 (1) : 1-11.
- WITHERINGTON B.E (1992).- Behavioral responses of nesting sea turtles to artificial lighting. *Herpetologica* 48 (1) : 31-39.

WITHERINGTON B.E., MARTIN R.E (2000).- *Understanding, Assessing, and Resolving Light-Pollution Problems on Sea Turtle Nesting Beaches*. Second Edition revised. Florida Marine Research Technical Report TR-2., 73 p.



Invertébrés

Le phénomène d'attraction des Insectes nocturnes par la lumière, (phototaxie positive) est bien connu (Betz 1961, Blab & al. 1988, Brusseau 1991, Lhonoré 1987). 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 (2006) 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. Les femelles de vers luisant attirent les mâles avec des éclairs bioluminescents jusqu'à plus de 45 m. Cette distance devient significativement plus faible dans les zones éclairées (Lloyd, 1994). La perception des couleurs par des sphynx est également affectée par la pollution lumineuse Kelber & al., 2006).

ACHARYA L. & FENTON B. (1999).- Bat attacks and moth defensive behaviour around street lights. *Can. J. Zool.* 77 (1) : 27-23

BAUR B. & al (2004).- La biodiversité en Suisse. Etat, sauvegarde, perspectives. Haupt Verlag.

BERTHAUME T.S. (2007).- *Light Pollution : a case for Federal regulation ?* Graduate Thesis, Rochester Institute of Technology, N.Y.

BETZ J.-T. (1961).- Eclairage public et faune des Hétérocères. *Alexandria* 2 : 51-54.

BLAB J., RUCKSTUHL T., ESCHE T., HOLZBERGER R. & LUQUET G.Ch. (1988).- *Sauvons les papillons. Les connaître pour mieux les protéger.* 192 p., 398 illustr. Photogr. Coul. Editions Duculot, Gembloux (Belgique) et Paris (p. 140 : Papillons de nuit : holocaustes sous les réverbères).

BRUSSEAU G. (1991).- Eclairages publics et protection des Lépidoptères nocturnes. *Alexandria* 17 : 195-197.

CONRAD K.F., FOX R. & WOIVOD I.P. (2007).- Monitoring biodiversity : Measuring long-term changes in insect abundance Pp 203-225, in *Insect Conservation Biology* (eds. LEWIS O.T., NEW T.R. & STEWART A.A.J.). Wallingford : CABI.

DRAKE M. (1994).- Impact of outdoor lighting on insect populations. *Invertebrates* 7 (3) : 1-2.

EISENBEIS G. (2002).- Artificial night lighting and insects in Germany. Part of the conference Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. Abstract available online : <http://www.urbanwildlands.org/abstracts.html>

EISENBEIS, G. (2006).- Artificial night lighting and insects : attraction of insects to streetlamps in a rural setting in Germany. Pp. 281-304, in *Ecological consequences of artificial night lighting* (C. RICH and T. LONGCORE, eds.). Island Press : Washington D.C., 458 pp.

EISENBEIS, G. & 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 : 145-156. (en allemand).

FRANK K. (1988).- Impact of outdoor lighting on moths : an assessment. *J. Lepidop. Soc.* 42 : 63-93.

FRANK, K. (2006).- Effect of artificial night lighting on moths. Pp. 305-344, in *Ecological consequences of artificial night lighting* (C. RICH and T. LONGCORE, eds.). Island Press : Washington D.C., 458 pp.

HEILING, A. M. (1999). Why do nocturnal orb-web spiders (araneidae) search for light ? Behavioral Ecology and Sociobiology, 46(1):43–49.

KELBER J.S., WARRANT E., SWEENEY A.M., WIDDER E.A., LEE R.L. & HERNANDEZ-ANDRES J. (2006).- Crepuscular and nocturnal illumination and its effects on colour perception by the nocturnal hawkmoth *Deilephila elpenor*. *J. Exp. Biol.* 209 : 789-800.

KOLLIGS D. (2000).- [Conséquences écologiques des sources artificielles de lumière sur les insectes nocturnes, en particulier les papillons (Lepidoptera)]. (en allemand) *Faunistisch-Ökologische Mitteilungen Suppl* 28 : 1-136.

LHONORE J.E. (1987).- De l'incidence des éclairages urbains sur les populations de Lépidoptères in RICOU

LLOYD J.E. (2006).- Stray light, fireflies and fireflyers Pp. 345-364 in *Ecological consequences of artificial night lighting* (C. RICH and T. LONGCORE, eds.). Island Press : Washington D.C., 458 pp.

NAKAMURA T. YAMASHITA S. (1997).- Photoactive behaviour of nocturnal and diurnal spiders : negative and positive photoaxes. *Zoological Science* 14 : 199-203.

RYDELL J. (1992).- Exploitation of insects around streetlamps by bats in Sweden. *Funct. Ecolo.* 6 : 744-750

STRATTON M. (2006).- Where have all our insects gone ? *BBC Wildlife* 24 (12) : 45-48.

SVENSSON A.M. & RYDELL J. (1998).- Mercury vapour lamps interfere with the bat defence of tympanate moths (*Operophtera* spp. ; *Geometridae*). *Animal Behaviour* 55 : 223-226.

THANCHAROEN A., BRANHAM M.A. & LLOYD J.E. (2008).- Building Twilight “Light Sensors” to Study the Effects of Light Pollution on Fireflies. *The American Biology Teacher* 70 (2) : 6-12.

Végétaux

Les plantes utilisent l'obscurité de différentes façons. Elle conditionne le fonctionnement de leur métabolisme et leur développement. La croissance des plantes est en partie liée à la durée de la nuit et donc de l'obscurité. Ceci explique que les plantes à fleurissement éphémère nécessitent de longues nuits. Si de telles plantes sont mises en lumière de façon temporaire au cours d'une longue nuit, elles réagissent comme si elles avaient vécues deux petites nuits au lieu d'une longue nuit sans interruption. Ceci peut avoir comme conséquence l'interruption totale du développement et de la floraison de la plante. Les plantes à floraison éphémère fleurissent essentiellement à l'automne quand la durée du jour commence à décliner. Elles profitent des longues nuits pour entamer le processus de la floraison. Par ailleurs, au fur et à mesure de l'augmentation de la durée des nuits, s'entame le processus de « dormance » qui permet à la plante de résister aux rigueurs de l'hiver (Bidwell, 2003).

Les arbres sont également très sensibles à la pollution lumineuse. Ils doivent s'adapter aux variations saisonnières et les lumières artificielles occasionnent des perturbations telles que l'absence de chute des feuilles par exemple.

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. 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 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. Enfin, même s'il n'existe pas (à notre connaissance) d'études directement liée à la pollution lumineuse, de nombreux travaux mettent en évidence les influences de la lumière sur le développement et l'architecture du système racinaire, l'impact sur le cycle de vie des parasites des végétaux ou encore que la lumière rend toxiques des composés hydro carboniques aromatiques.

BERTERO, H. et al. (1999).- Photoperiod-sensitive development phases in quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.). *Field Crops Research*, 60(3) : 231–243.

BIDWELL, T. (2003).- *Sociobiology of Plants*. Conférence materials for the Dark Sky Symposium held in Muskoka, Canada, September 22-24, 2003. Available at <http://www.muskoaheritage.org/ecoloynight/media/tony-bidwell.pdf>

BRIGGS W.R. (2002).- Plant photoreceptors : proteins that perceive information vital for plant development from the lighting in *Ecological consequences of Artificial Night Lighting Conference abstracts* Los Angeles 23-24/02/2002.

BRIGGS W.R. (2006).- Physiology of Plant Responses to Artificial lighting Pp. 389-411 in *Ecological consequences of artificial night lighting* (C. RICH and T. LONGCORE, eds.). Island Press : Washington D.C., 458 pp.

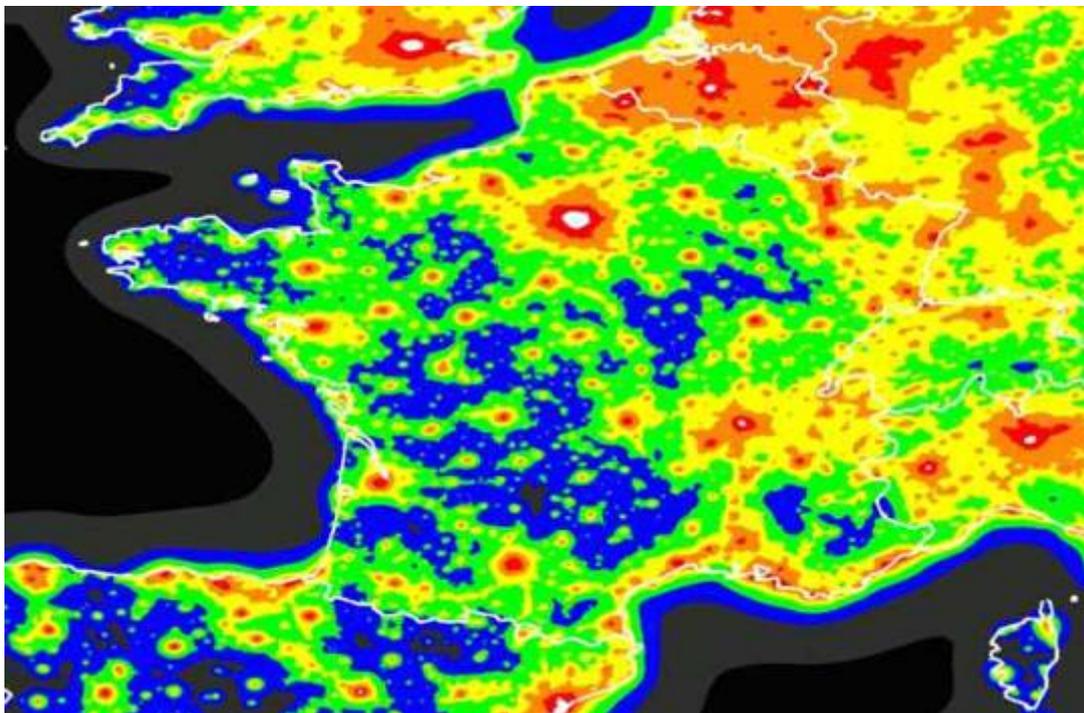
EDWARDS, D. G. W. et EL-KASSABY, Y. A.- (1996). The effect of stratification and artificial light on the germination of mountain hemlock seeds. *Seed Science and Technology*, 24(2) : 225–235.

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.

OKAMOTO, K. et al. (1996).- Development of plant growth apparatus using blue and red led as artificial light source. *Acta horticultrae*, 440 : 111–116.

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.



La pollution lumineuse vue de l'espace. La situation est particulièrement catastrophique en Belgique. De plus, selon les études de P. Cinzano, le halo lumineux augmente en Europe d'environ 5 % par an. (Source : *The artificial sky brightness in Europe derived from DMSP satellite data*, P. Cinzano et al., octobre 1999)

REMEDES

Concernant l'éclairage urbain, il est convenu de respecter les préconisations suivantes :

- faire disparaître progressivement les lampes à vapeur de mercure, consommatrices en énergie et très nocives pour la biodiversité, et leur substituer des lampes au sodium basse pression ;
- orienter les éclairages vers le bas ;
- installer des déflecteurs sur les lampes pour éviter l'éblouissement ;
- limiter la durée de l'éclairage au strict nécessaire ;



Exemple de lumière parasite (cliché Philippe GOURDAIN – MNHN/SPN)



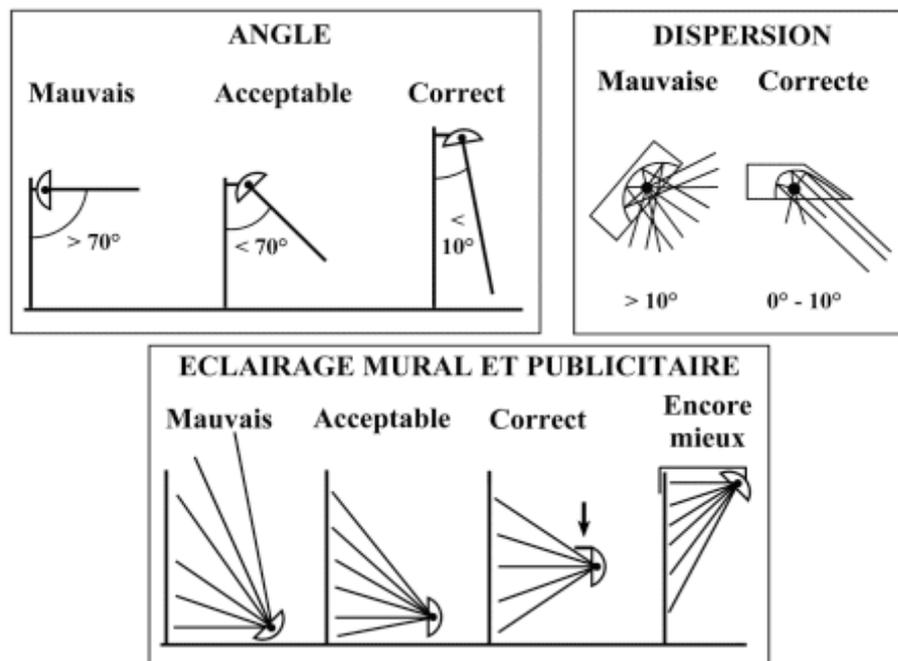
Exemple de lumière parasite (Cliché Philippe GOURDAIN – MNHN/SPN)

En dehors des contextes urbains, la règle doit être l'absence d'éclairage sauf si celui-ci est rendu nécessaire pour des raisons de sécurité ou fonctionnelles. Il est alors possible de trouver des solutions comme celle qui a été mise en application sur certaines plateformes pétrolières en Mer du Nord : installation de « lumières vertes » c'est-à-dire des lampes dont la couleur rouge a été retirée du spectre avec des filtres ; c'est en effet le rouge qui attire le plus les oiseaux migrateurs (Van de Laar, 2007).

Exemples de réalisations et coûts :

- En Suisse, la ville de Liestal a trouvé un accord avec les commerçants : 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 ans intitulé « Plan Lumière ». Suite à l'intervention de l'association Dark-Sky Switzerland, les CFF (chemins de fer suisses) ont revu l'éclairage des nouvelles gares régionales RV05. La pollution lumineuse a ainsi diminué et les CFF économisent désormais près de 15000 € par an.
- En Italie, les petites villes de Frosinone et de Ferentino dans le Latium, ont adapté l'ensemble de leurs lampadaires, comme les y obligent 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 meilleurs réflecteurs. 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.
- l'intégration de fibres optiques pour l'éclairage d'immeubles a permis de réaliser 92% d'économies d'énergie dans 7 villes du Brésil et 89% dans une ville anglaise (Ghisi & Tinker, 2006)
- des réflexions ont été menées dans certaines régions (Nord Pas-de-Calais, Alsace...) pour tenter d'adapter l'éclairage aux besoins du trafic ou pour créer des zones d'obscurité notamment dans les secteurs à fort enjeux écologiques (Raevel & Lamiot, 1998).
- des mesures d'extinction de certains édifices publics (pont de l'Axe mixte) à la Réunion, à certaines périodes particulièrement sensibles pour les Pétrels de Barau et le Puffin de Baillon ont été mises en œuvre (Vigna, 2004).



Recommandations pour l'éclairage (d'après Demoulin, 2005).

DANIEL, R.S., SMITH, K.U., 1947.- The sea-approach behavior of the neonate loggerhead turtle (*Caretta caretta*). *Journal of Comparative Physiology and Psychology* 40, 413–420.

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/pollum1.htm>.

Florida Power & Light Compagny & al. (2002).- Coastal Roasway Lighting Manual : a handbook of practical guidelines for managing street lighting to minimize impacts to sea turtles. 77p.

GHISI E. & TINKER J.A. (2006).- Evaluating the potential for energy savings on lighting by integrating fibre optics in buildings. *Building and Environment* 41 (12) : 1611-1621.

LIMPUS, C.J., 1971.- Sea turtle ocean finding behaviour. *Search* 2 : 385–387.

LHONORE J.E. (1987).- De l'incidence des éclairages urbains sur les populations de Lépidoptères in RICOU G. & GUILBOT R., *Propositions concrètes d'actions simples de protection des Insectes qui pourraient être mises en œuvre dans l'ensemble des parcs, sans grande incidence financière* : 11-22. Rapport miméographié. Ministère de l'Environnement et O.P.I.E., Paris et Guyancourt.

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>.

MARQUENIE J.M. & VAN DE LAAR (F.).- Protecting migrating birds from offshore production. *Shell E&P Newsletter*, January 2004.

MROSOVSKY, N., 1967.- How turtles find the sea. *Science Journal* 3 : 52–57.

MROSOVSKY, N., SHETTLWORTH, S.J., 1968. Wavelength preferences and brightness cues in the water finding behaviour of sea turtles. *Behaviour* 32 : 211–257.

PENNELL J., SALMON M., WHITHERINGTON B., BROADWELL A. (2002).- Effect of filtered roadway lighting on nesting by loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*). *NOAA Technical Memorandum NMFS –SEFFSC 477* : 319-320.

PENNELL J., SALMON M., WYNEKEN J, COWAM C., & BROADWELL A. (2002).- Influence of filtered roadway lighting on on the seaward orientation of hatchling sea turtles. *NOAA Technical Memorandum NMFS –SEFFSC 477* : 295-298.

RAEVEL P. & LAMIOT F. (1998).- *Incidence de l'éclairage artificiel des infrastructures routières sur les milieux naturels*. 3^{ème} congrès Routes et Faune sauvage. Conseil de L'Europe, Strasbourg 30/09 – 2/10/1998.

REED J.R., SINCOCK J.L. & HAILMAN J.P. (1985).- Light attraction in endangered procellariformes birds : reduction by shielding upward radiation. *Auk* 102 : 377-383.

RUSENKO K., de MAYE E. & CAMMAK A. (2003).- The first year of the Spanish River Park embedded roadway lighting project : response of sea turtle hatchlings. *NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC 503* : 112-113.

SRTINGELL T. (1996).- *A follow up report to the 16th meeting of the Standing Committee of the Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats* [Bern Convention, Dec. 2-6/1996] concerning the conservation of Loggerhead turtles (*Caretta caretta*) on Mounda beach (Kaminia and Potamakia), Kefalonia (Greece). MEDASSET (Council of Europe), 5p.

TUXBURY S.M. & SALMON M. (2005).- Competitive interactions between artificial lighting and natural cues during seafinding by hatchling marines turtles. *Biological Conservation* 121 : 311-316.

VAN DE LAAR F. (2007).- Green lights to birds. Investigation into the effect of bird-friendly lighting. NAM LOCATION L15-FA-1. 23 p.

VERHEIJEN, F.J., WILDSCHUT, J.T., 1973.- The photic orientation of hatchling sea turtles during water finding behaviour. *Netherlands Journal of Sea Research* 7 : 53–67.

VIGNA J.L. (2004).- Quand la lumière artificielle trouble les oiseaux nocturnes. *Save Our Sky* 18 : 1.

WEIR R.D. (1976).- *Annotated bibliography of birds kills at man-made obstacles : a review of the state of the art and solutions*. Department of Fisheries and the Environment, Canadian Wildlife Service, Ontario Region.

CONCLUSION

Il est clair que les écologues ont largement sous-estimé l'impact de la pollution lumineuse sur les écosystèmes. Ceci est d'autant plus net que le phénomène est en augmentation constante ce qui fait que les milieux naturels non soumis à cette pollution sont en voie de disparition avec des conséquences induites sur la biodiversité très fortes.

L'impact de la pollution lumineuse sur les organismes vivants, au premier rang desquels il convient de placer l'homme est très important. Même s'il existe aujourd'hui des pistes sérieuses pour la mise en œuvre de mesures d'atténuation de ces impacts, la première recommandation est celle qui consiste à limiter les sources lumineuses de façon drastique partout où des enjeux sociaux-économiques et/ou de sécurité ne sont pas en cause. Il n'est pas rare de voir dans notre pays des espaces naturels qui font l'objet d'éclairages totalement inutiles. Outre le fait qu'ils ne répondent pas à l'objectif de gestion durable des ressources énergétiques, ils contribuent inutilement à l'érosion de la biodiversité.

Il faut également conserver en mémoire l'effet cumulatif des nuisances (Clark & Leppert-Slack, 1994). Par exemple, un parc éolien peut générer des nuisances modérées pour l'avifaune. Si pour différentes raisons les turbines doivent être éclairées (présence d'un aéroport proche, sécurité des installations...), l'impact cumulé devient alors fort.

La pollution lumineuse est un important facteur de perturbation des écosystèmes naturels et un enjeu en vue de leur préservation. Ceci implique que ce problème soit pris en compte dans le cadre des différentes politiques publiques, notamment celles qui ont trait à l'aménagement du territoire. Ceci nécessite également d'intégrer cette problématique au cœur de la réflexion sur les continuités écologiques et donc dans la définition de la future trame « verte et bleue ».

Bibliographie générale

- BASKILL D. (ed.) (2007).- *Proceedings of the Dark-Skies Symposium*. Porsmouth, UK : September 15th-16th 2007, hosted by the British Astronomical Associations' Campaign for Dark-Skies. P. 55.
- BORG, V. (1996).- Death of the night. *Geographical Magazine* 68 : 56.
- CHALKIAS C. & Al. (2006).- Modeling of Light Pollution in Suburban Areas Using Remotely Sensed Imagery and GIS. *Journal of Environmental Management* 79 (1) : 57-63
- CINZANO P, FALCHI F., ELVIDGE C.D. (2001).- The world atlas of the artificial night sky brightness. *Mon. Not. R. Astron; Soc.* 328 : 689-707.
- CLARK R. & LEPPERT-SLACK P. (1994).- Cumulative effects assessment under the National Environmental Policy Act in the United States. Pp 37-44 in KENNEDY J. (ed.). *Cumulative effects assessment in Canada : from concept to productive*. Alberta Association of Professional Biologists, Edmonton.
- DEDA P., ELBERTZHAGEN I & KLUSSMANN M. (2007).- Light pollution and the impacts on biodiversity species and their habitats. Secretariat of the Convention of Migratory Species of Wild Animals (UNEPS-CMS).
- DIKERSON D.D. & NELSON D.A. (1988).- Use of long wavelength lights to prevent disorientation on hatchling sea turtles. In SCHROEDER B.A. (compiler). *Proceedings of the eight annual symposium on sea turtle biology and conservation*, pp. 19-21. NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFSC-214.
- DUINKER P.N. (1994).- Cumulative effect assessment : what's the big deal ? Pp. 11-24 in KENNEDY A. J. (eds.). *Cumulative effects assessment in Canada : from concept to productive*. Alberta Association of Professional Biologists, Edmonton.
- EVAN OGDEN L.J. (1996).- Collision Course : the hazards of lighted structures and windows to migrating birds. *Report for WWF Canada & Fatal Light Awareness Programm*. Toronto.
- FEDUM I (1995).- Fatal light attraction. *Journal of Wildlife Rehabilitation* 18 : 10-11.
- HARDER B. (2002).- Deprived of Darkness. The unnatural ecology of artificial light at night. *Science News*, 161 (16) : 248. <http://www.celfosc.org/biblio/bio/020420sciweek.htm>
- HEALTH COUNCIL OF THE NETHERLANDS (2000).- Impact of outdoor lighting on man and nature. The Hague. *Health Council of The Netherland publication n°20000/25E*
- JEHIN E. & DEMOULIN P. (2008).- Protégeons la beauté du ciel nocturne ou comment lutter contre la pollution lumineuse. Rapport publié sur internet <http://.groupeastronomiepa.be/darksky.pdf>.
- LONGCORE T. & RICH C. (2004).- Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2 : 191-198.
- MAURIS E. (2004).- Nos lumières perturbent les animaux. *Save Our Sky* 18 : 3-6.
- MOORE M. V. , KOHLER S.J. & CHEERS M. S. (2006).- Artificial light at night in freshwater habitats and its potential ecological effects Pp. 365-384 in *Ecological consequences of artificial night lighting* (C. RICH and T. LONGCORE, eds.). Island Press : Washington D.C., 458 pp.

OUTEN A.R. (2002).- The ecological effects of road lighting in SHERWOOD B., CULTER D. & BURTON J.A. (eds). *Wildlife and roads : the ecological impact*. London : Imperial College Press.

RAEVEL P. & LAMIOT F. (1998).- *Les incidences de l'éclairage artificiel sur les composantes biologiques des milieux naturels. 1^{er} congrès Européen pour la Protection du Ciel Nocturne*, Paris-La Villette, 8 juin 1998.

RICH C. & LONGCORE T. eds (2006).- *Ecological consequences of artificial night lighting* Island Press : Washington D.C., 458 pp

RICH C. & LONGCORE T eds. (2006).- *Ecological consequences of artificial night lighting*. Island Press : Washington D.C., 458 pp.

SCHMIEDEL J. (2001) [The effects of artificial lighting on the animal world – an overview] (en allemand). *Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz* 67 : 19-51.

SUTHERLAND W. J., NEWTON I & GREEN R.E. (2005).- *Bird Ecology and Conservation. A Handbook of Techniques*. OUP : Oxford, 386 p.

TEYSSÈDRE, A. (1996). L'orientation des animaux – Méthodes et mécanismes. Nathan : 234 p.

THONNERIEUX Y. (2008).- La pollution lumineuse : une nuisance supplémentaire pour l'avifaune. *L'oiseau magazine* 90 : 48-57.

VERHEIJEN F.J. (1958).- The mechanisms of the trapping effect of artificial light sources upon animals. *Archives Neerlandaises de Zoologie* 13 : 1-178.

VERHEIJEN F. J. (1985).- Photopollution : artificial light optic spatial control system fail to cope with. Incidents, causations, remedies. *Exp. Biol.* 44 : 1-18.

WITHERINGTON B.E. (1997).- The problem of photopollution for sea turtles and other nocturnal animals in CLEMMONS J.R. & BUCHOLTZ R. (eds). *Behavioral approaches to conservation in the wild*. Cambridge : Cambridge University Press.

WANG Y. J. (2004).- Light Pollution and prevention counter measures. *Journal of Safety and Environment* 4 (1) : 56-58.

ZUFFEREY A. & FEBBRARO I (2005).- *La pollution lumineuse*. Rapport non publié, 10 p.

Sites Internets (D'après DEMOULIN et JEHIN, 2008)

Quelques textes d'ordonnances sur l'éclairage extérieur

La Tchèque est un des premiers pays à s'être doté d'une législation contre la pollution lumineuse (juin 2002) :

<http://www.astrosurf.com/simian/fichiers/svm1017.jpg>

<http://amper.ped.muni.cz/light/law/czairlaw3.htm>

<http://astrosurf.com/anpcn/loi/tchequie/>

Lois et projets de lois en Italie :

<http://deborapd.astro.it/cinzano/en/page95en.html>

<http://www.vialattea.net/cielobuio/europe/bill.htm> (loi de Lombardie)

<http://astrosurf.com/anpcn/loi/lombardie/> (loi de Lombardie)

Modèle d'ordonnance sur l'éclairage extérieur pour les villes :

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

Ordonnances édictées dans quelques villes américaines :

- http://www.darksky.org/ida/ida_2/info94.html (Flagstaff, Arizona, dès 1958)
- http://www.darksky.org/ida/ida_2/info91.html (Tucson, Arizona, 1972, révisée en 1994; une des meilleures ordonnances)
- http://www.darksky.org/ida/ida_2/info37.html (San Diego, Californie, 1985 : ville de 1,1 million d'habitants)
- http://www.darksky.org/ida/ida_2/info56.html (comté de San Diego, CA)
- http://www.darksky.org/ida/ida_2/info55.html (Tempe, Arizona, 1991)
- <http://cfa-www.harvard.edu/cfa/ps/nelpag/kennebunk.html> (Kennebunkport, Maine, 1992)
- http://www.darksky.org/ida/ida_2/info92.html et
- http://www.darksky.org/ida/ida_2/info93.html (Eatontown, New Jersey, 1993)
- <http://cfa-www.harvard.edu/cfa/ps/nelpag/offutt1.html> (Cloudcroft, Nouveau-Mexique, 1995);
- <http://www.physics.emich.edu/sherzer/nolites.html> (Brighton, Michigan, 1997)
- Fédération des astronomes amateurs du Québec / Mont Mégantic : règlement sur l'éclairage extérieur.
- http://www.quebecetel.com/faq/bibliotheque/cielnoir/reg_poll.htm
- Golden Bay (Nouvelle-Zélande) (1989)
- http://www.darksky.org/ida/ida_2/info36.html
- Sites Internet sur la pollution lumineuse**
- International Dark-Sky Association (groupement américain très actif) :
- <http://www.darksky.org/ida/>
- L'atlas mondial de la brillance artificielle du ciel nocturne, par Cinzano et al. :
- <http://www.lightpollution.it/worldatlas/pages/fig1.htm>
- Magnitude 6 : un effort conjoint européen :
- <http://www.celfosc.org/mag6/>
- La pollution lumineuse en Italie :
- <http://deborapd.astro.it/cinzano/en/index.html>
- La pollution lumineuse en Tchéquie :
- <http://www.astro.cz/darksky/>
- La pollution lumineuse en Grande-Bretagne :
- <http://www.dark-skies.org/main.shtm>
- La pollution lumineuse en Suisse :
- <http://www.darksky.ch/>
- La pollution lumineuse aux Pays-Bas :
- <http://www.lichtvervuiling.nl/frames.html>
- Liens utiles sur la pollution lumineuse (ministère grec de l'éducation) :
- <http://www.eplioan.gr/LP/links.htm>
- La pollution lumineuse en Espagne :
- <http://www.celfosc.org/>
- Office for the Protection of the Quality of the Sky (îles Canaries) :
- <http://www.iac.es/galeria/fpaz/otpc.htm>
- La pollution lumineuse au Québec :
- http://andromede.phy.ulaval.ca/pol_lum.htm
- La pollution lumineuse à Hawaï :
- <http://www.hawastsoc.org/pollution.html>
- La pollution lumineuse au Chili :
- <http://www.opcc.cl/>
- Conférence internationale sur la pollution lumineuse à La Serena (Chili), en mars 2002 :
- <http://www.ctio.noao.edu/%7Eemond/lpc/lpc-presentations.html>
- La pollution lumineuse est l'affaire de la Commission 50 de l'Union Astronomique Internationale :
- http://www.ctio.noao.edu/light_pollution/iau50/
- Impacts écologiques de l'éclairage nocturne :
- <http://members.aol.com/ctstarwchr/LiteLynx.htm#fauna>
- <http://ecoroute.uqcn.qc.ca/group/babill/b980620pollutionlumineuse.htm>
- En France :**
- Ciel Noir, un forum de discussion sur la pollution lumineuse :
- <http://groups.yahoo.com/group/CielNoir/>

- . L'Association Nationale pour la Protection du Ciel Nocturne (ANPCN) :
<http://www.astrosurf.com/anpcn/>
- . Des liens sur la protection du ciel nocturne, par Guillaume Cannat :
<http://www.leguideduciel.net/protection/protection.htm>
- . Le site de Laurent Corp (notamment l'éclairage de la cathédrale de Rodez) :
<http://astrosurf.com/lcorp/pol.htm>
- . Deux congrès nationaux sur la protection de l'environnement nocturne :
Rodez 1995 (<http://www.gea.cesca.es/magnitude6/rodez95/index.html>)
Rodez 1998 (<http://astrosurf.com/lcorp/rapports/cong02.zip> [format PDF, 28 Mo])
- . Premier congrès européen sur la pollution lumineuse (Paris, 1998) :
<http://www.celfosc.org/mag6/>
- . La pollution lumineuse et l'observatoire de Haute-Provence :
<http://www.obs-hp.fr/www/pollution/pollum.html>
- . **En Belgique :**
- . Ce dossier, réalisé par Emmanuel Jehin et Philippe Demoulin :
 - disponible sur le site de Philippe Demoulin à
<http://www.astro.ulg.ac.be/~demoulin/pollum/pollum1.htm>
 - ou sur le site-miroir du Groupe Astronomie de Spa à
<http://www.ping.be/eurospace/pollum1.htm>
- . En Flandre, un groupe de travail de la Vereniging Voor Sterrenkunde (Association Pour l'Astronomie) se préoccupe de la pollution lumineuse (site en néerlandais) :
<http://www.vvs.be/wg/lichthinder/>
- . En collaboration avec le Bond Beter Leefmilieu Vlaanderen (BBL), cette association organise chaque année depuis 1996 la «Nuit de l'Obscurité». Plus de 100 communes participent à cet événement en diminuant l'éclairage habituel nocturne, voire en le coupant tout à fait.
- . Une action entreprise par Inter-Environnement Bruxelles et Lorne Walters pour réduire l'illumination permanente durant la nuit dans les immeubles de bureaux :
<http://www.ieb.be/pollutionlumineuse/action.htm>

