

Impact de l'éclairage artificiel sur l'homme et la nature



Thomas Le Tallec – UMR 7179 CNRS/MNHN

Courriel : tletallec@mnhn.fr



Conférence Eclairage public 2013 aduhme 6/12/13

Ecologie et recherche scientifique



Conférence Eclairage public 2013 aduhme 6/12/13

Qu'est-ce qu'un écologue ?

Définitions :

Ecologie → Science qui étudie les organismes vivants, leurs relations avec l'environnement et leurs relations avec d'autres organismes vivants

Différentes disciplines : biologie, physiologie, génétique, etc...

Différentes échelles : individu (écophysiologie), populations (écologie des populations), écosystèmes (écologie globale)

Écologue → Scientifique, spécialiste en écologie

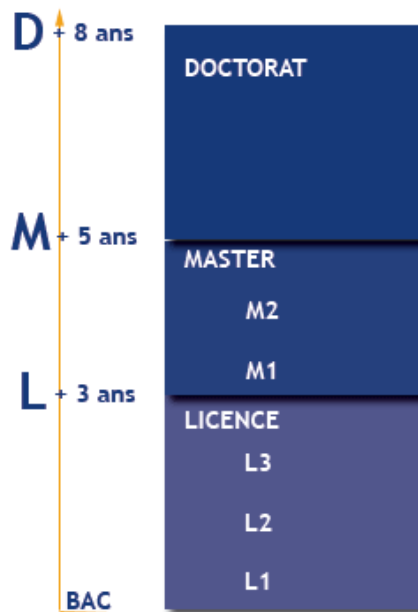
Formation universitaire : Licence, Master, Doctorat



Qu'est-ce qu'un écologue ?

Formation :

A chaque étape de sa formation, l'écologue se spécialise



Doctorat : écophysiologie ; impact de la pollution lumineuse sur la faune sauvage

Master : physiologie animale en conditions extrêmes (facteurs biotiques et abiotiques => pollutions)

Licence : physiologie animale (grandes fonctions du vivant)



Qu'est-ce qu'un écologue ?

Définitions :

Ecologue → Institutions de recherche (public ou privé) ; Universités

L'écologue est également appelé « écologiste » →  Terme trompeur 

Ecologiste : professionnel (écologue) ; amateur

L'écologue est un scientifique, il pratique des recherches dans les strictes règles de la démarche scientifique. Les résultats obtenus sont publiés dans des revues spécialisées selon des critères de sélection rigoureux.



Qu'est-ce que la démarche scientifique ?

Méthode expérimentale :

A la suite d'un questionnement, la méthode expérimentale teste la validité d'une hypothèse par des expériences et contre-expériences répétées



Données nouvelles, qualitatives ou quantitatives, conformes ou non à l'hypothèse

Méthode expérimentale : 3 phases

- Phase de questionnement → une question est énoncée
- Phase de recherche → une hypothèse est formulée, des expériences sont réalisées
- Phase de validation → les résultats sont interprétés



Qu'est-ce que la démarche scientifique ?

Autres méthodes :

Méthode empirique

Observation et description d'un élément, d'un phénomène (ex : astronomie)

Modélisation

Elaboration d'un modèle (mathématique) → reproduire, simplifier et prédire un phénomène complexe (ex : changement climatique)

Le modèle peut être confronté à l'observation → fiabilité

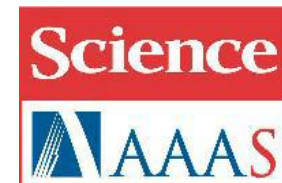
Le modèle ne correspond pas à ce qui est observé dans le monde réel, il n'en est que la simplification !



Communication scientifique

Editeurs et journaux scientifiques :

Editeurs	Journaux	Impact Factor 2012
Elsevier Science	Cell	31,9
	Trends in Ecology & Evolution	15,4
	Current Biology	9,5
AAAS (American Association for the Advancement of Science)	Science	31
Nature Publishing Group	Nature	20,8
PLOS (Public Library of Science)	PLOS MEDICINE	15,2
	PLOS BIOLOGY	12,7
	PLOS ONE	3,7
NAS (National Academy of Sciences (USA))	Proceedings of the National Academy of Sciences	9,7
Royal Society Publishing	Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences	6,2
	Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences	5,7
	Biology Letters	3,3
John Wiley & Sons	Functional Ecology	4,9
	Journal of Animal Ecology	4,8
AIBS (American Institute of Biological Sciences)	BioScience	4,7
Informa	Chronobiology International	4,3
Springer Verlag	Oecologia	3



Communication scientifique

Editeurs et journaux scientifiques :

Impact Factor (IF) : est me la visibilité d'un journal scientifique

→ Nombre moyen de citations de chaque article publié dans le journal



Communication scientifique

Articles scientifiques :

GLOBAL CO-DISTRIBUTION OF LIGHT AT NIGHT (LAN) AND CANCERS OF PROSTATE, COLON, AND LUNG IN MEN

Itai Kloog,¹ Abraham Haim,² Richard G. Stevens,³ and Boris A. Portnov³

¹Department of Natural Resources & Environmental Management, Faculty of Social Sciences, University of Haifa, Haifa, Israel

²Departments of Biology & Evolutionary and Environmental Biology, University of Haifa, Haifa, Israel

³University of Connecticut Health Center, Farmington, Connecticut, USA

Perspective

The Dark Side of Light: A Transdisciplinary Research Agenda for Light Pollution Policy

Franz Hölker¹, Timothy Moss², Barbara Griefahn³, Werner Kloas¹, Christian C. Voigt⁴, Dietrich Henckel⁵, Andreas Hänel⁶, Peter M. Kappeler⁷, Stephan Völker⁸, Axel Schwoppe⁹, Steffen Franke¹⁰, Dirk Uhrlandt¹⁰, Jürgen Fischer¹¹, Reinhard Klenke¹², Christian Wolter¹, and Klement Tockner^{1,12}

Ecological light pollution

Travis Longcore and Catherine Rich

Ecologists have long studied the critical role of natural light in regulating species interactions, but, with limited exceptions, have not investigated the consequences of artificial night lighting. In the past century, the extent and intensity of artificial night lighting has increased such that it has substantial effects on the biology and ecology of species in the wild. We distinguish "astronomical light pollution", which obscures the view of the night sky, from "ecological light pollution", which alters natural light regimes in terrestrial and aquatic ecosystems. Some of the catastrophic consequences of light for certain taxonomic groups are well known, such as the deaths of migratory birds around tall lighted structures, and those of hatching sea turtles disoriented by lights on their natal beaches. The more subtle influences of artificial night lighting on the behavior and community ecology of species are less well recognized, and constitute a new focus for research in ecology and a pressing conservation challenge.

Front Ecol Environ 2004, 2(6): 191-198

Update

Letters

Cell
PRESS

Light pollution as a biodiversity threat

Franz Hölker¹, Christian Wolter¹, Elizabeth K. Perkin^{1,2} and Klement Tockner^{1,2}

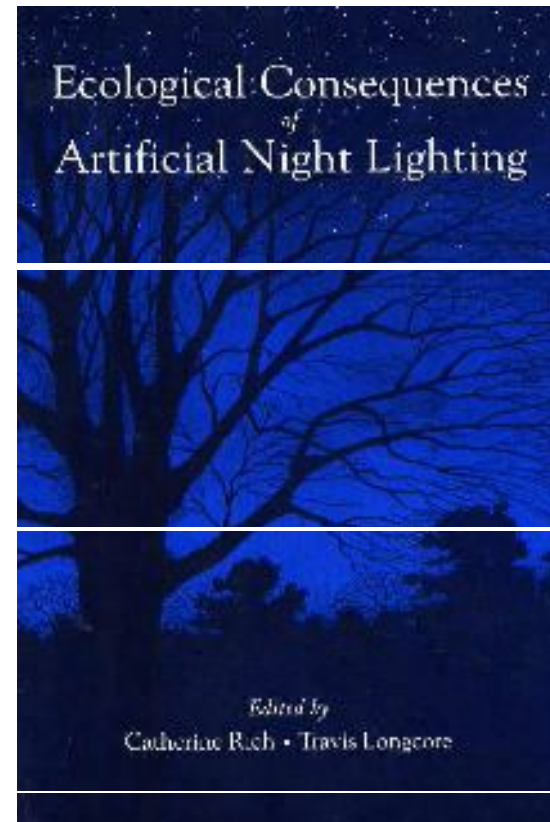
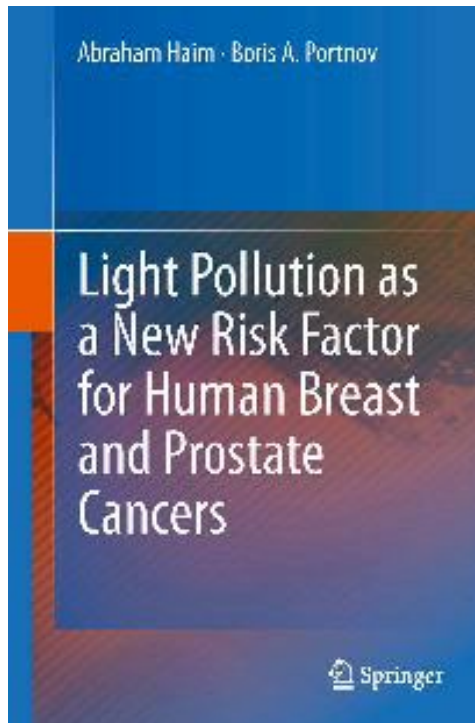
¹Leibniz-Institute of Freshwater Ecology and Inland Fisheries, Müggelseedamm 310, 12587 Berlin, Germany

²Institute of Biology, Freie Universität Berlin, 14195 Berlin, Germany



Communication scientifique

Ouvrages scientifiques :



Communication scientifique

Congrès scientifiques :



VERLUST
der
NACHT



ida
INTERNATIONAL
DARK-SKY
ASSOCIATION

ALAN 2013
Berlin, October 28-30, 2013
First International Conference on Artificial Light at Night



INTECOL 2013
Into the Next 100 Years

18 TO 23 AUGUST 2013
ExCel, London, UK



 **ALAN 2013** 
First International Conference on Artificial Light at Night
Berlin, October 28 - 30, 2013

LE TALLEC T, PERRET M, THERY M.
Light pollution modifies the expression of biological rhythms and
behaviours in a nocturnal primate

Monday 28th October 2013



Lumière naturelle et biodiversité



Conférence Eclairage public 2013 aduhme 6/12/13

Lumière et histoire du Vivant

Apparition de la vie : 3,5 milliard d'années

→ 10^{12} levers et couchers de soleil

→ Lumière : importante force de sélection du Vivant

La lumière et ses cycles ont conditionné l'apparition de :

- Systèmes visuels (vision des contrastes, des couleurs)

- Systèmes non visuels (horloge biologique)

→ Représentations spatiales et temporelles de l'environnement

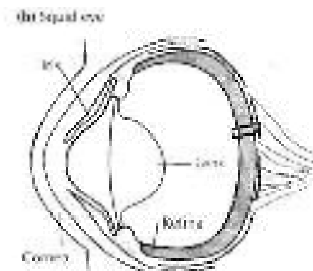
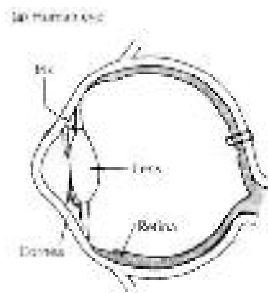
→ Adaptation des organismes à l'environnement



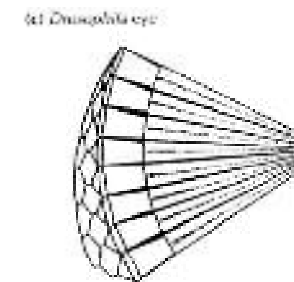
Systemes visuels / non visuels

Systemes visuels

- Yeux lateraux (invertébrés ; vertébrés)
- Dix catégories structurellement différentes :
 - yeux composés (Insectes)
 - yeux à lentille simple (vertébrés et mollusques)



Halder et al. - 1995



- Informations visuelles (contrastes, couleurs) : invertébrés, vertébrés non-mammaliens
- Informations visuelles + non visuelles (contrastes, couleurs, horloge biologique) :
mammifères



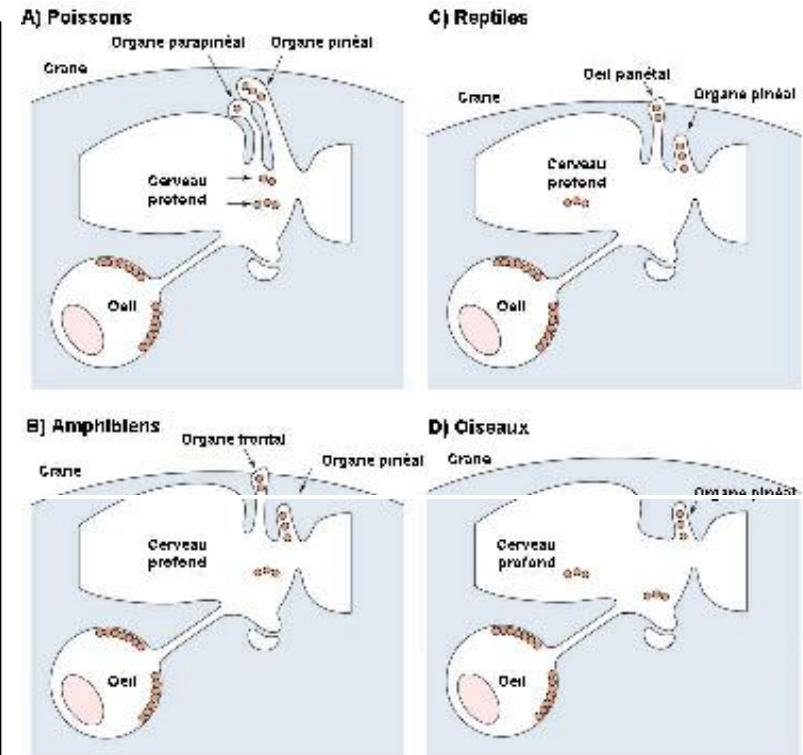
Systemes visuels / non visuels

Systemes non visuels

Diverses structures / organes :

- Organe pinéal Intracrânien : vertébrés non mammaliens
- Organe parapinéal : poissons
- Organe frontal (œil par étal) : amphibiens et reptiles
- Photorécepteurs du cerveau profond : vertébrés non mammaliens
- Photorécepteurs dermiques : amphibiens et céphalopodes

→ Informations non visuelles (horloge biologique)



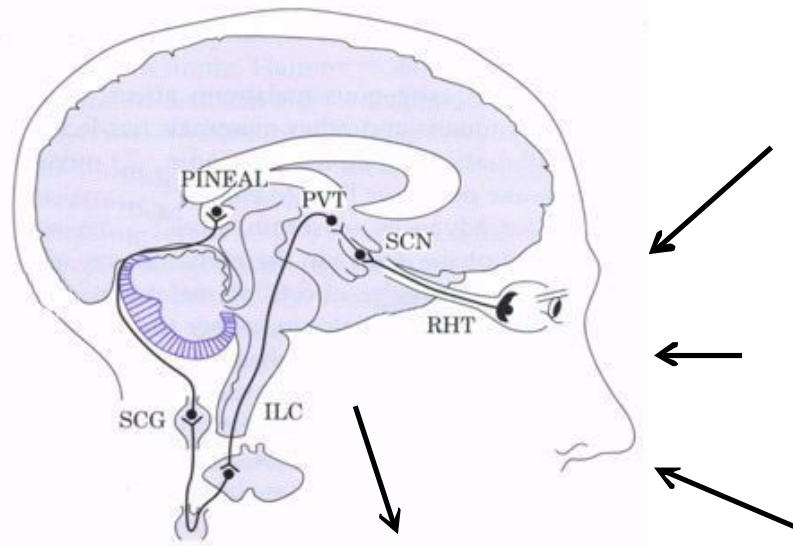
Foster et al. - 1998



Avantages acquis : vision et rythmes biologiques

Informations visuelles : vision des contrastes et des couleurs

→ Mise en place de l'orientation, de la navigation, de motifs colorés



Recherche de nourriture,
évitement des prédateurs,
parade nuptiale...

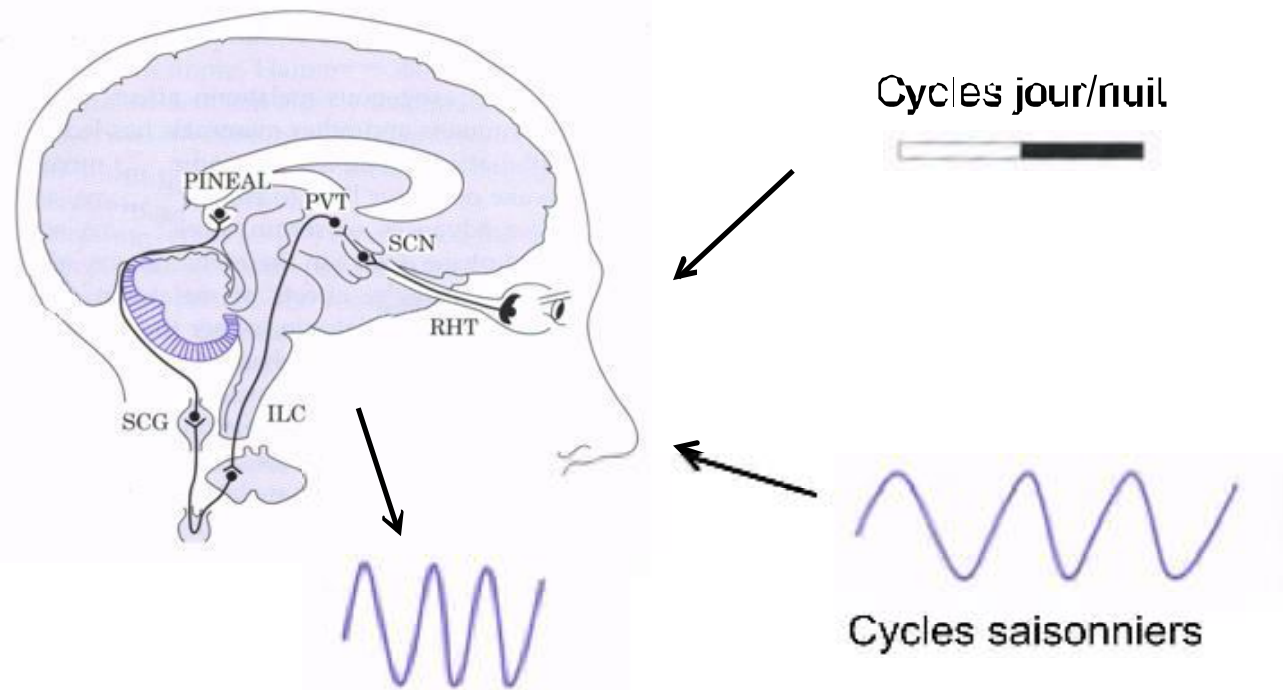
Cardinali et al. – 1998



Avantages acquis : vision et rythmes biologiques

Informations non visuelles : horloge biologique

→ Permet d'anticiper les changements environnementaux



Cardinali et al. – 1998

Rythmes biologiques



Lumière artificielle et biodiversité



Conférence Eclairage public 2013 aduhme 6/12/13

Lumière artificielle

La lumière artificielle est indispensable aux sociétés humaines :

- Productivité



- Fonctionnalité



- Sécurité



- Esthétique



La pollution lumineuse

Définition

Phénomène d'origine anthropique

Associé au développement de l'éclairage artificiel et des activités humaines

« Lumière artificielle qui altère le cycle naturel jour/nuit et qui, en conséquence, peut affecter les organismes vivants et leurs écosystèmes »

Rich & Longcore – 2004

Etendue

19% des terres émergées à travers le monde

Croissance +10% / an dans les pays européens (*Cinzano et al. – 2001*)



La pollution lumineuse

Or...

La lumière interagit avec les organismes vivants :

→ Synchronisation des rythmes biologiques, comportements, fonctions physiologiques

28% vertébrés / 64,4% invertébrés sont partiellement ou exclusivement nocturnes
(Iolker et al. - 2010)

La pollution lumineuse peut modifier les rythmes biologiques, les comportements et les fonctions physiologiques → impacts écologiques (Rich & Longcore - 2006)



Impacts à l'échelle de l'individu

La pollution lumineuse peut :

- Affecter l'attrait d'un individu pour un environnement donné (**attraction/répulsion**)
- Affecter ses capacités à s'y orienter (**orientation/désorientation**)

Réponse attractive → insectes nocturnes ; oiseaux migrateurs

→ (utilisent la lumière des astres pour naviguer)

- Mésoorientation (détours)
- Collisions
- Déshydratation, brûlures, blessures



Rich & Longcore – 2006



Impacts à l'échelle de l'individu

La pollution lumineuse peut :

- Affecter l'attrait d'un individu pour un environnement donné (**attraction/répulsion**)
- Affecter ses capacités à s'y orienter (**orientation/désorientation**)

Désorientation → tortues de mer nouvellement nées

- Contraste clair/obscur → océan/dunes de sable
- Epuisement, déshydratation, prédation

Rich & Longcore – 2006



Impacts à l'échelle de l'individu

La pollution lumineuse peut :

- Affecter les comportements **locomoteurs**, **alimentaires**, **reproducteurs** et la **communication**

Comportements locomoteurs et alimentaires

- Petits mammifères nocturnes
- Diminution des activités nocturnes et des déplacements
- Diminution de la prise alimentaire
- Détérioration des conditions physiques

Rich & Longcore – 2006



Impacts à l'échelle de l'individu

La pollution lumineuse peut :

- Affecter les comportements **locomoteurs, alimentaires, reproducteurs** et la **communication**

Comportements reproducteurs et communication

- **Espèces bioluminescentes** (luciole ; ver luisant)
- Utilisent les signaux lumineux pour la communication sexuelle
- La pollution lumineuse diminue la visibilité de ces signaux
- Altération des communications et de la reproduction

Rich & Longcore – 2006



Impacts à l'échelle de l'individu

La pollution lumineuse peut :

- Affecter les comportements **locomoteurs, alimentaires, reproducteurs** et la **communication**

Comportements reproducteurs et communication

- **Espèces non-bioluminescentes** (amphibiens)
- Inhibition des chants nuptiaux
- Sélection accélérée du partenaire
- Altération des communications et de la reproduction

Rich & Longcore – 2006



Impacts à l'échelle de l'écosystème

La pollution lumineuse affecte en particulier **les espèces photosensibles** :

→ **Facteur de sélection**



La pollution lumineuse peut modifier **les compétitions inter-espèces**
et les rapports proles/prédateurs

→ **Ex : chauves-souris**



Petit rhinolophe



Pipistrelle commune

Rich & Longcore – 2006



Impacts à l'échelle de l'écosystème

La pollution lumineuse peut **fractionner les habitats** :

→ Ex : lampadaires et insectes nocturnes

- Lampadaire : attraction sur un rayon de 400 à 700 mètres
- En milieu urbain : les lampadaires sont espacés de 30 à 50 mètres
- Lumière artificielle → barrière artificielle
- Déplacements limités / habitats fractionnés



Rich & Longcore – 2006



Lumière artificielle et être humain



Conférence Eclairage public 2013 aduhme 6/12/13

Impacts socio-économiques et culturels

Consommation d'énergie :

Eclairage public : 9 millions de points lumineux

- 48% consommation électricité des communes

La moitié du parc est composée de matériels obsolètes et énergivores (boules diffusantes, lampes à vapeur de mercure)

40% des luminaires en service ont plus de 25 ans

L'ADEME estime possible une réduction de 30% de la consommation électrique en rénovant le parc (technologies actuelles)

ADEME – 2010



Impacts socio-économiques et culturels

Altération du cadre de vie :

La pollution lumineuse peut affecter le **confort** et le **cadre de vie** des citoyens :

- Niveaux d'éclairage trop élevés
- Eclairages intrusifs / débordants

Les exigences spécifiques de santé visuelle ne sont pas prises en compte :

- Malvoyants
- Personnes âgées

ADEME – 2010



Impacts socio-économiques et culturels

Perte visibilité du ciel nocturne :

(la Voie Lactée)

- 1/5 population mondiale
- 2/3 population des Etats-Unis
- 1/2 population Union Européenne
- 51% population française

Cinzano et al. 2001

Indépendamment d'un paiement pour se déplacer, le ciel nocturne n'est plus accessible pour tous

Menace pour la recherche astronomique (observatoires)

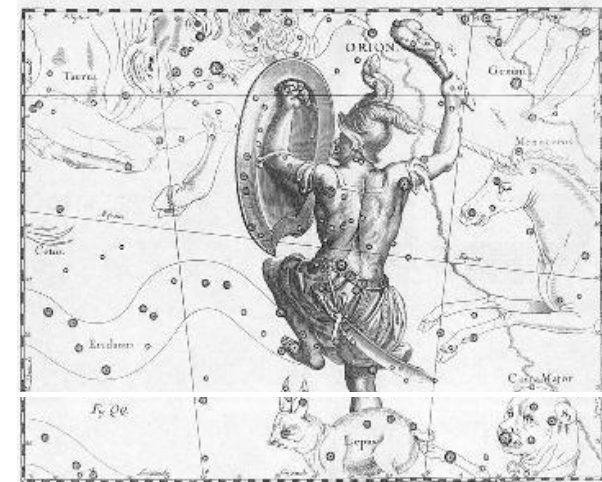


Impacts socio-économiques et culturels

Culture menacée

- Ciel nocturne : source d'imagination et de créativité pour les artistes
- Civilisations antiques : constellations
- Civilisation judéo-chrétienne : bien et mal
- Contes pour enfants :
nuit et êtres fabuleux

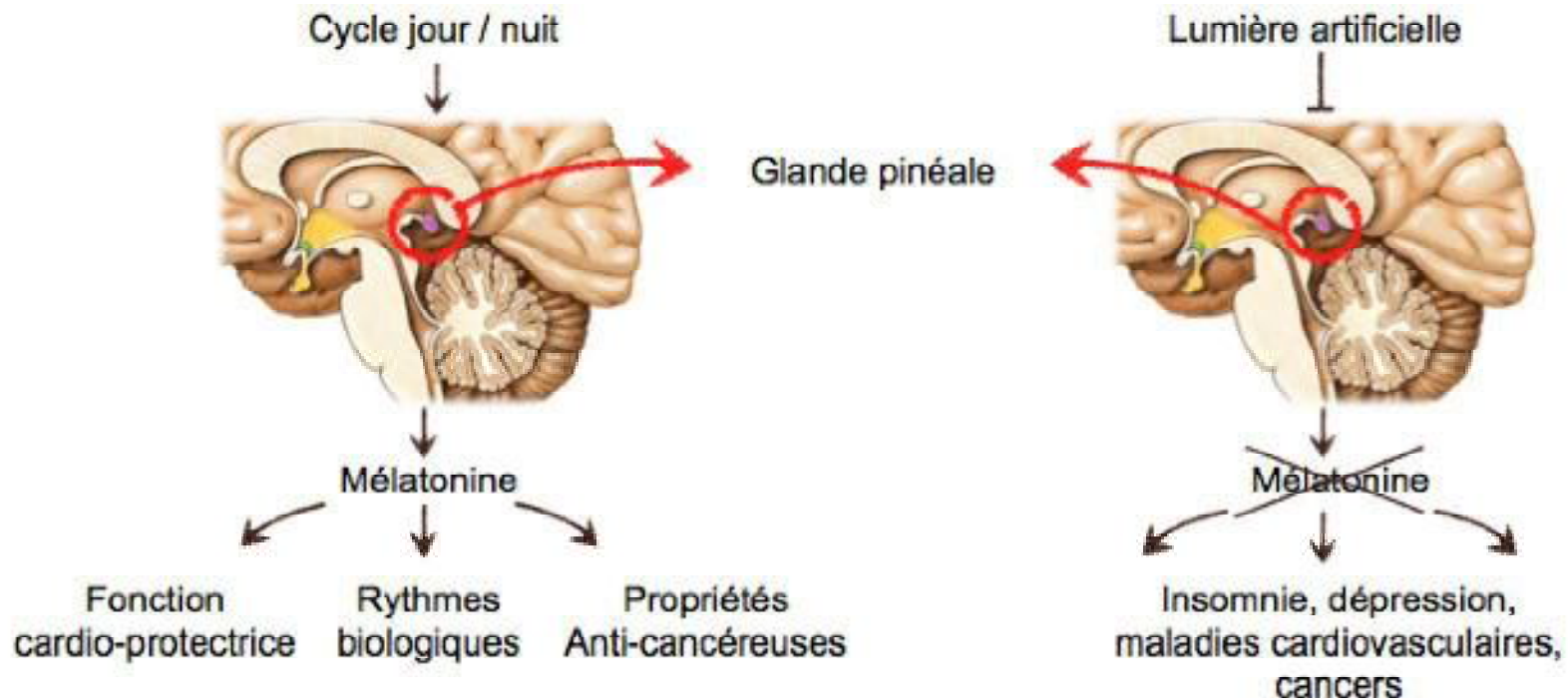
Challéat – 2010



Impacts physiologiques

Altération des fonctions physiologiques et des rythmes biologiques

Inhibition des sécrétions d'une hormone photo-sensible : la **mélatonine**



Impacts physiologiques

Cancer Research

ACR

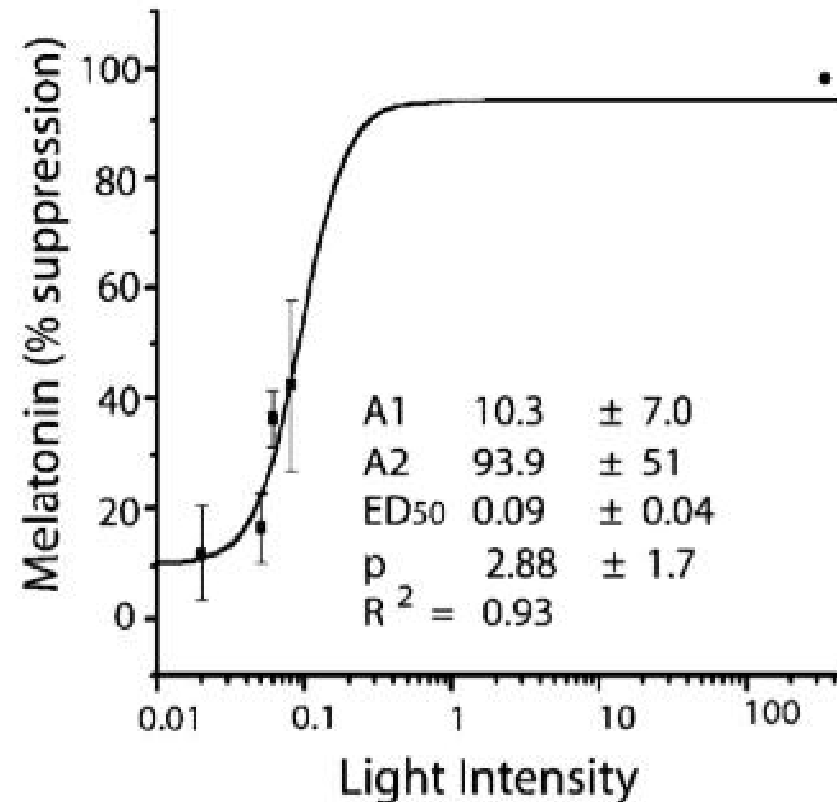
Melatonin-Depleted Blood from Premenopausal Women Exposed to Light at Night Stimulates Growth of Human Breast Cancer Xenografts in Nude Rats

David E. Blask, George C. Brainard, Robert T. Dauchy, et al.

Cancer Res 2005;65:11174-11184. Published online December 1, 2005.



Impacts physiologiques



La **sécrétion de mélatonine** est **inhibée** sous l'influence de la lumière artificielle selon une **relation intensité-dépendante**

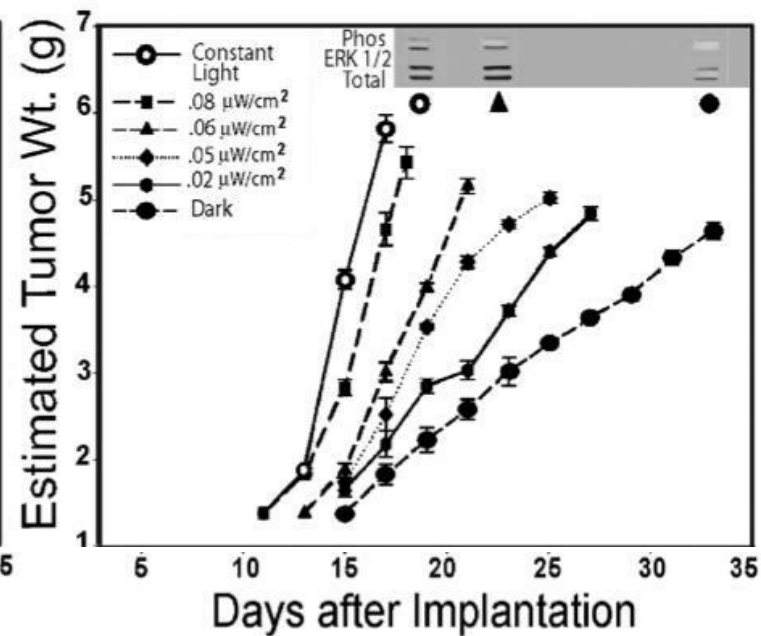
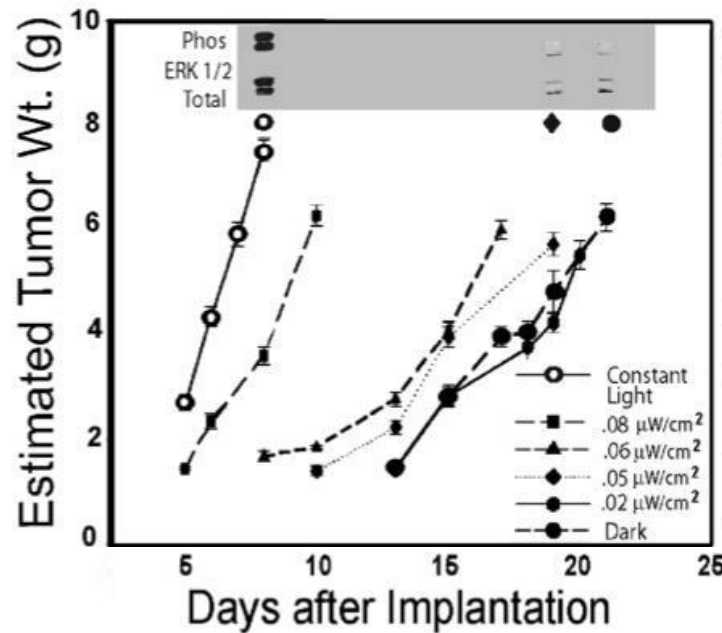
Blask et al. – 2005



Impacts physiologiques

Hépatome

Cancer du sein (xénogreffe)



La **croissance tumorale** est **accélérée** sous l'influence de la lumière artificielle selon une **relation intensité-dépendante**

Blask et al. – 2005



Impacts physiologiques

Chronobiology International, 25(1): 65–81, (2008)

Copyright © Informa Healthcare

ISSN 0742-0528 print/1525-6073 online

DOI: 10.1080/07420520801921572

informa
healthcare

LIGHT AT NIGHT CO-DISTRIBUTES WITH INCIDENT BREAST BUT NOT LUNG CANCER IN THE FEMALE POPULATION OF ISRAEL

Itai Kloog,¹ Abraham Haim,² Richard G. Stevens,³ Micha Barchana,^{4,5} and Boris A. Portnov¹



Impacts physiologiques

68

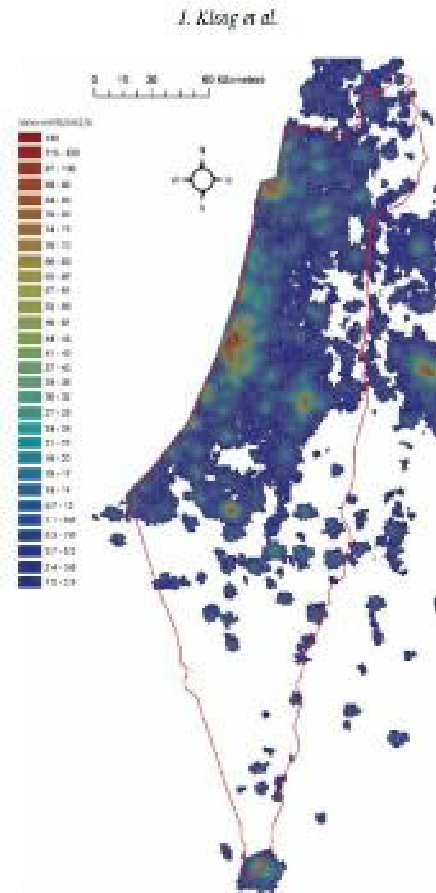


FIGURE 1. LAN intensity levels (nanowatts/cm²/sr) according to nighttime satellite image data (source: DMSP 2006).

J. Kloog et al.

Light at Night and Breast Cancer

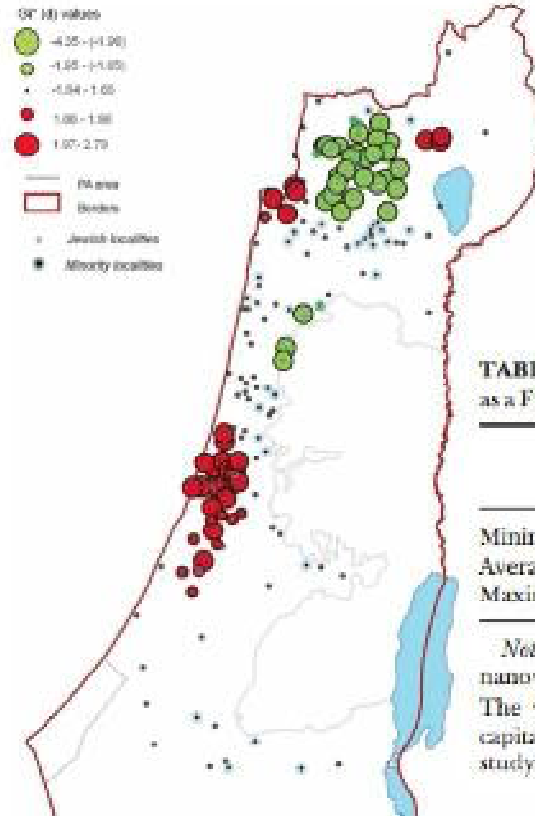


FIGURE 2. "Hotspot" analysis of breast cancer rates. Note: Red circles mark clusters of adjacent localities with significantly high rates of cancers (relative to the global mean), while green circles mark geographic clusters of localities with significantly low cancer rates.

75
Corrélation positive entre intensité pollution lumineuse et répartition du cancer du sein

TABLE 4. Change in Female Breast Cancer Age-Standardized Rates as a Function of Rising Ground LAN Intensity (Model Sensitivity Test)

	LAN	Breast cancer rate	% Change
Minimum	2.26	60.88	—
Average	20.63	83.26	36.75
Maximum	112.01	105.56	26.79

Note: Based on the model reported in Table 3. LAN values are in nanowatts/cm²/sr; breast cancer values are per 100,000 residents. The values of the fixed variables are set as follows: average per capita income NIS\$4368 (average value for all localities under study) and majority/minority=0 (Jewish towns).

Kloog et al. – 2008



Impacts physiologiques

Chronobiology International, 28(1): 76–80, (2011)
Copyright © Informa Healthcare USA, Inc.
ISSN 0742-0528 print/1525-6073 online
DOI: 10.3109/07420528.2010.531490

informa
healthcare

SHORT COMMUNICATION

Does the Modern Urbanized Sleeping Habitat Pose a Breast Cancer Risk?

Itai Kloog,^{1,4} Boris A. Portnov,¹ Hedy S. Rennert,² and Abraham Haim³



Conférence Eclairage public 2013 aduhme 6/12/13

40

Impacts physiologiques

TABLE 3. Factors affecting BC incidence (method: binary logistic regression; Jewish population only)*

Variable	<i>p</i> value	OR (95% CI)
Age (yrs)	.163	0.994 (0.985-1.003)
→ Alcohol consumption (yes)	.017	0.688 (0.507-0.935)
→ Bedroom light (scoring 1 to 4)	<.001	1.278 (1.115-1.414)
Bedroom shutters (open)	.220	0.859 (0.673-1.096)
Education (>12 yrs)	.232	0.857 (0.666-1.103)
→ Number of births	.015	0.917 (0.855-0.984)
TV on while sleeping (yes)	.215	0.846 (0.649-1.102)

*Total number of observations = 1277 (609 cases/668 controls).

L'intensité lumineuse de la chambre à coucher est le
prédicteur le plus fort du cancer du sein

Kloog et al. – 2011



Lutte contre la pollution lumineuse



Conférence Eclairage public 2013 aduhme 6/12/13

Lutte contre la pollution lumineuse

Comment lutter contre la pollution lumineuse ?

- Lumières artificielles à spectre peu attractif
- Limiter l'éclairage vers le ciel ou les zones sensibles (réflecteurs)
- Limiter le nombre d'installations
- Extinction totale / partielle des éclairages artificiels (mise en place de « calendriers »)

- Lutte contre la pollution atmosphérique
- Utiliser des revêtements peu réfléchissants
- Mise en place de trames nocturnes



Lutte contre la pollution lumineuse

Sensibilisation, implication et expérimentation :

- Sensibilisation du grand public, des collectivités territoriales et des professionnels de l'éclairage
 - Infographie, événements nocturnes, programmes participatifs
- Diffusion et mise à disposition des connaissances
 - Infographie, partage des connaissances et des compétences (colloques, congrès, formations)
- Expérimentation sur le terrain avec implication des scientifiques, des collectivités territoriales et des professionnels de l'éclairage
 - Projets éclairagisme écologique, programmes participatifs



Conclusion



Conférence Eclairage public 2013 aduhme 6/12/13

Conclusion

- Rôles lumière artificielle : **productivité, fonctionnalité, sécurité, esthétique**
- **Pollution lumineuse : phénomène largement répandu / croissance constante**
- **Pollution lumineuse :**
 - **Altère rythmes biologiques, comportements et fonctions physiologiques des organismes vivants**
 - **Altère équilibre des écosystèmes / fragmente l'habitat**
 - **Problématiques écologiques**
 - **Consommation d'énergie**
 - **Altération du cadre de vie**
 - **Perte visibilité du ciel nocturne et des objets célestes**
 - **Menace santé humaine**
 - **Problématiques socio-économiques, culturelles et sanitaires**
- **Des moyens de lutte existent : il faut en tenir compte**
- **Sensibilisation, diffusion des connaissances et expérimentation / grand public, collectivités territoriales et professionnels de l'éclairage**



Impact de l'éclairage artificiel sur l'homme et la nature



Thomas Le Tallec – UMR 7179 CNRS/MNHN

Courriel : tletallec@mnhn.fr



Conférence Eclairage public 2013 aduhme 6/12/13