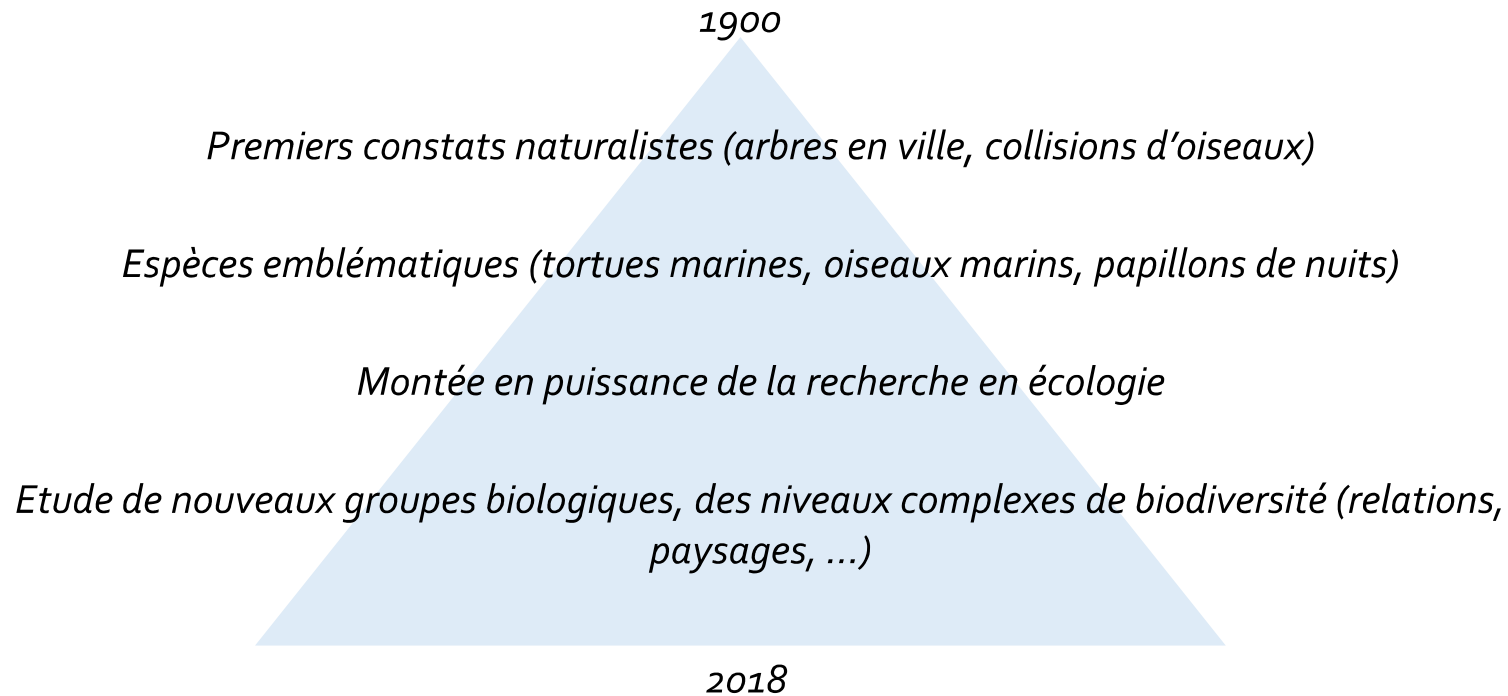


EFFETS SUR LA BIODIVERSITÉ

Des publications croissantes depuis plus d'un siècle





Eblouissement

La lumière divise le vivant

Répulsion

Attraction

Une action à distance !

=> Notion de phototactisme

Perte des repères

Ex : Thums et al. 2016

Disparition de la carte céleste, Inversion du
contraste terre/mer



Désorientation => Collisions

Ex : Longcore et al. 2013



Romain Sordello, Octobre 2018

Photo : <https://pixabay.com/fr/phare-marine-maritime-mer-lumi%C3%A8re-377821/>



Effets démographiques
Piège écologique, collisions

Ex : Justice & Justice 2016

Dégradation et recul de l'habitat spatial et temporel

Evitement des zones éclairées



Photo R. Sordello



Photo S. Winter

Ex : Picchi et al. 2013, Stone et al. 2009, Beier 1995

VIIRS data



Spatial extent

World

Resolution

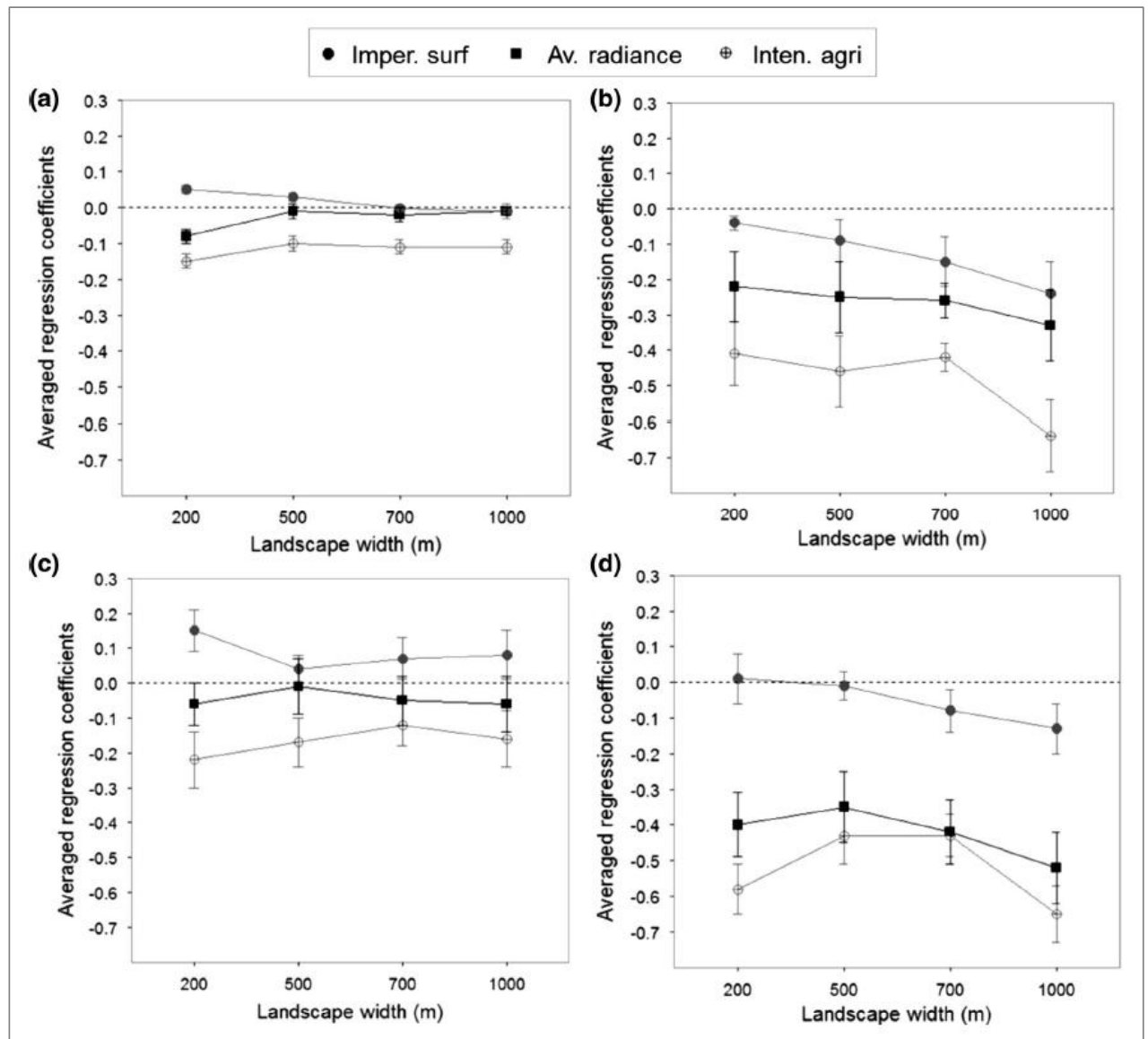
300-750 m

Spectral sensitivity

Blind below 500 nm

A large échelle, la lumière artificielle a un effet supérieur à l'imperméabilisation des sols pour les chauves-souris

Azam et al. 2016





P. Gourdain

Déséquilibres populationnels Rapports proies/prédateurs

Ex : Minnaar et al. 2014, Decandido & Allen 2006



Romain Sordello, Octobre 2018



Photos R. Sordello



Déséquilibres populationnels

Rapports plantes/animaux

90% des angiospermes sont pollinisés
par des insectes

Co-évolution plantes/insectes

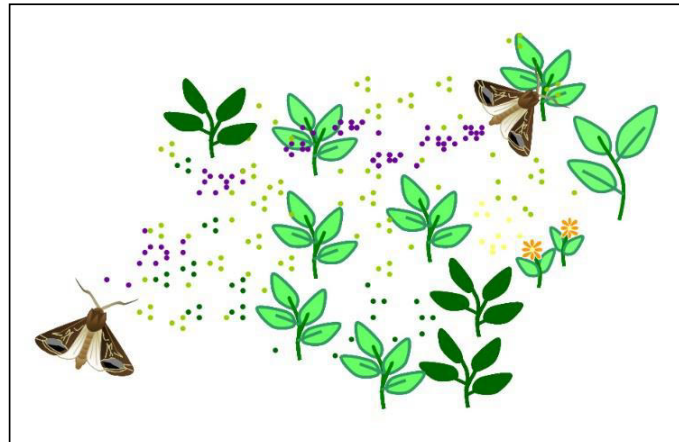
Baisse de la pollinisation

Ex : Knop et al. 2017, Mac Gregor et al. 2016

=> Baisse succès reproducteur des
plantes = diminution du brassage
génétique et viabilité des populations
végétales

=> Diminution des services rendus aux
sociétés humaines (ex : agriculture)

Ex : Lewancik & Voigt (dispersion par chauves-souris)



Fragmentation et mitage nocturne

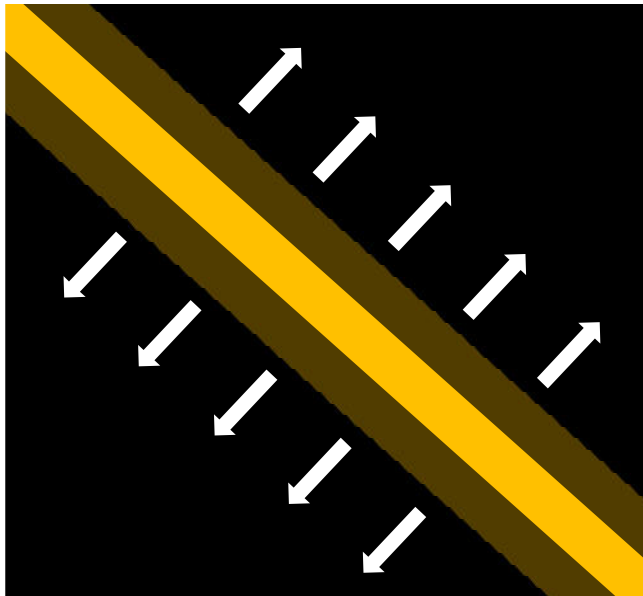
*Ex : Bliss-Kecthum et al., 2016,
Van Grunsven et al, 2017*



Synthèses :
Sordello, 2017
Sordello et al., 2014

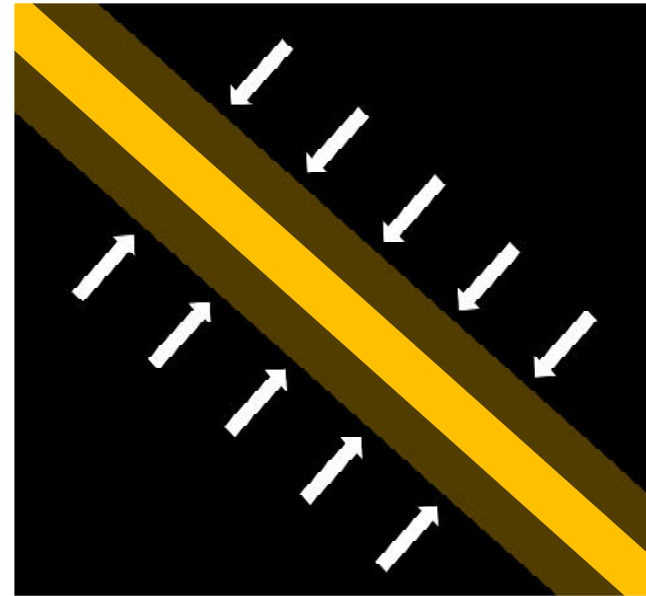
Deux types de fragmentation en fonction du phototactisme

Fragmentation par répulsion



Mammifères terrestres : Bliss-Kecthum et al., 2016
Amphibiens : Van Grunsven et al., 2017

Fragmentation par absorption



« crash barrier effect »
Théorisé dès 2006 pour les insectes par Eisenbeis

Effet sur les rythmes biologiques des espèces animales

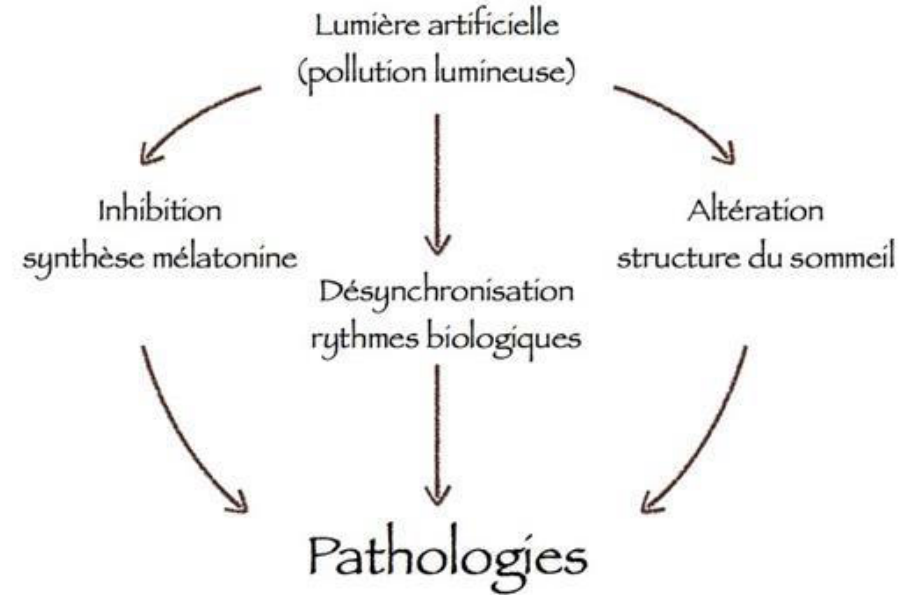
Désynchronisation, Stress, Vieillesse



58
Microcète murin (*Microcebus murinus*) exposé à la pollution lumineuse en laboratoire. Grâce à ce petit primate dont les activités et les cycles de vie sont strictement dépendants des cycles de la lumière, les chercheurs de l'UMR 7179 basée au laboratoire d'écologie générale de Brunoy visent à déterminer et caractériser l'effet de la pollution lumineuse sur les petits mammifères. Pour cela, des microcètes sont exposés de nuit à la lumière d'une diode électroluminescente et leurs rythmes biologiques, leurs comportements et leurs fonctions physiologiques sont étudiés en conditions contrôlées (d'après T. Le Tallec).

Le Tallec, 2012

Ex : Dominoni 2015, Le Tallec et al. 2013, ...



Effet sur les rythmes biologiques des espèces végétales

Mise en réserve,
ouverture des
bourgeons, perte des
feuilles, ... sont
réglés par la lumière

*Ex : Matzke 1936, French-
Constant et al. 2016*

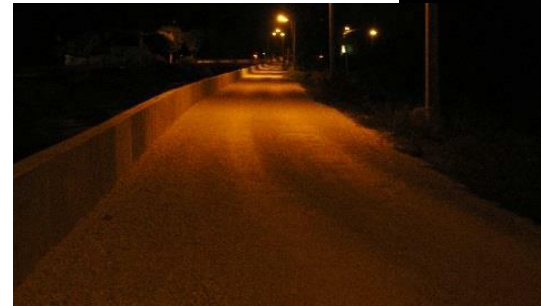
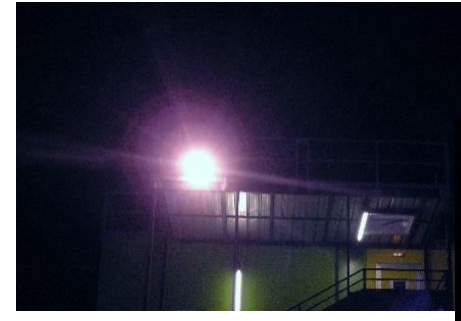
*Effets sur la perte des feuilles
dès 10 lux environ*



Au final : un problème multiforme

- De la lumière directe (éblouissement)
- De la lumière précise (points lumineux)
- De la lumière ambiante (luminosité)
- De la lumière diffuse (halo)

Sordello 2017
Vertigo



Autres conséquences

Ciel étoilé / Astronomie

Un tiers de l'Humanité ne voit plus la Voie lactée



Photo R. Sordello

Romain Sordello, Octobre 2018

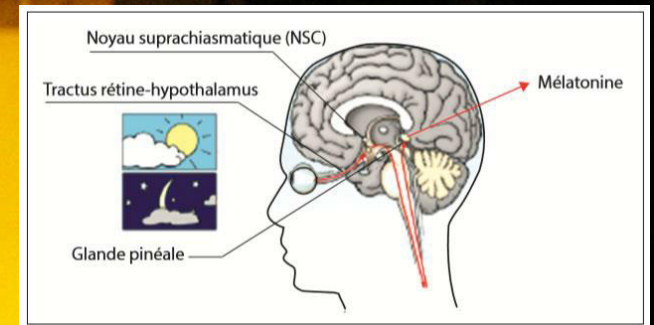
Economique

Consommations énergétiques (41 % des consommations d'électricité des collectivités territoriales selon l'ADEME)

⇒ Cout financier directs pour le contribuable

⇒ Cout financier indirect par la rupture des services rendus par la biodiversité nocturne (ex : pollinisation)

Sommeil / Santé humaine

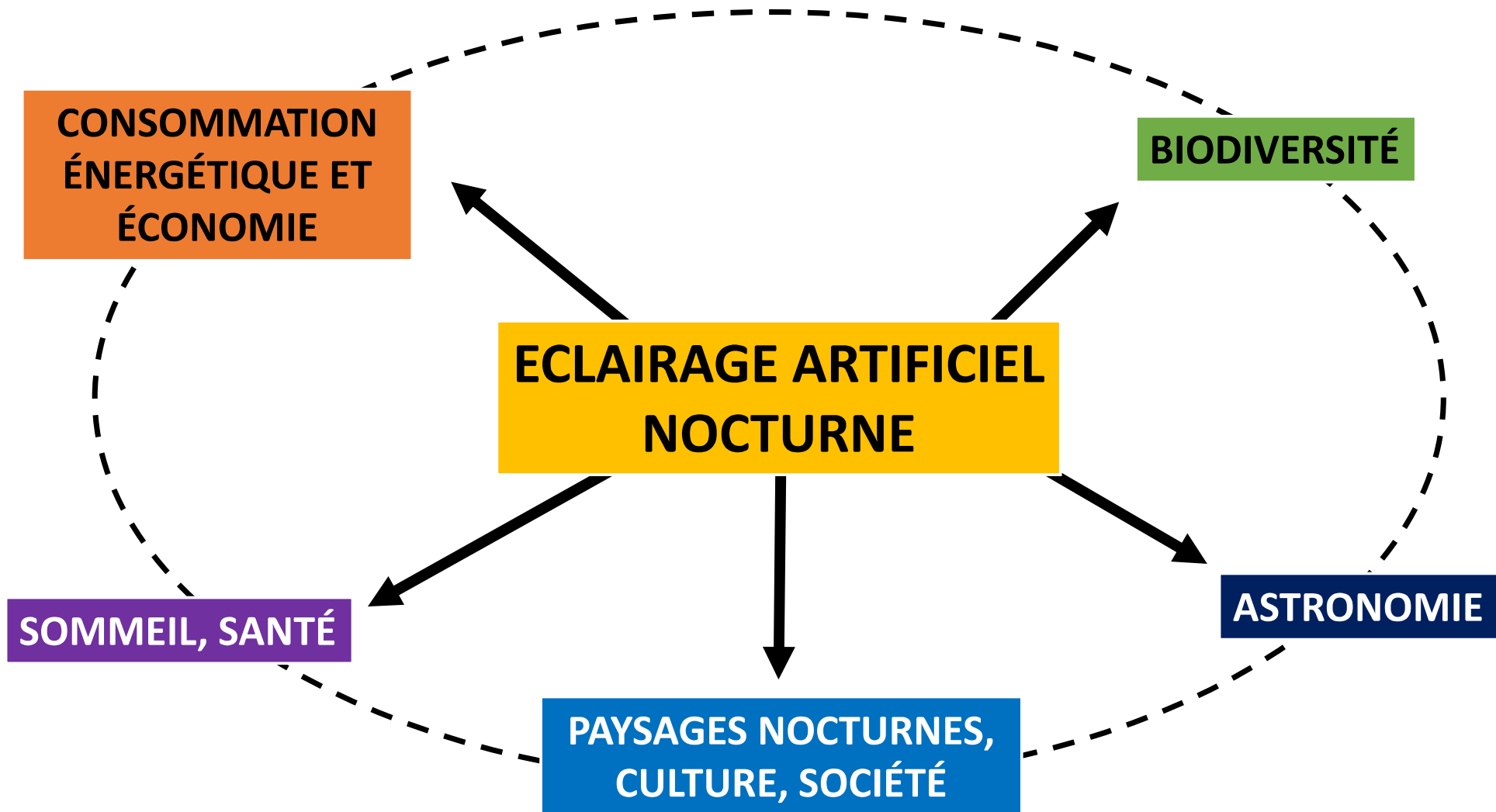


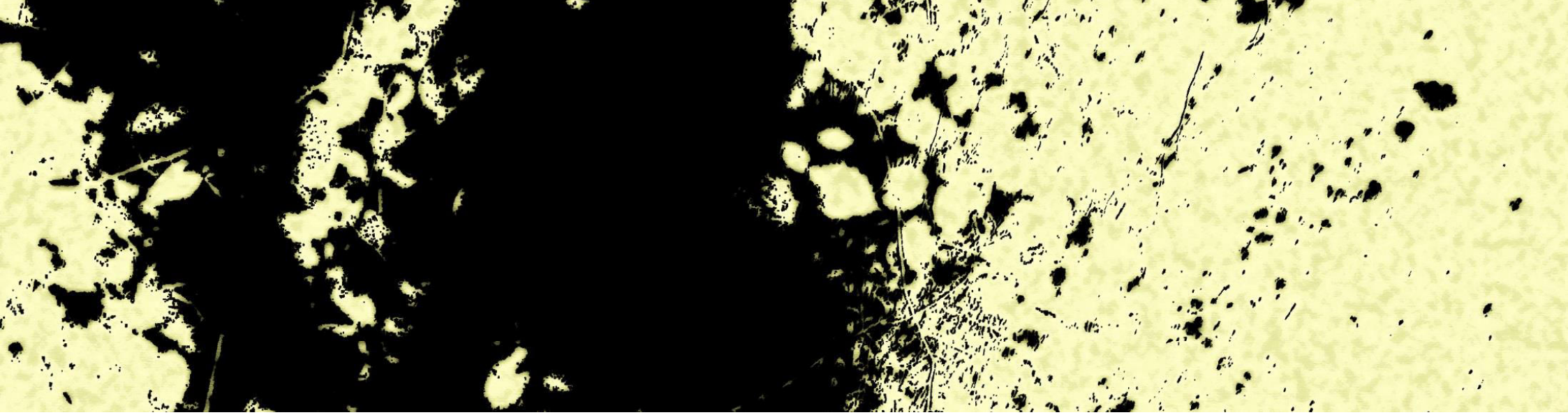
Lumières intrusives

Ex : Erren et al. 2016, Cho et al. 2015, Haim & Zudibat 2015

Photo R. Sordello

Un sujet transversal





SOLUTIONS

Législation / Règlementation

Grenelle de l'environnement (2007)

=> Enjeux intégrés dans le **Code de l'environnement**, y compris vis-à-vis de la faune et de la flore.

Différents décrets et arrêtés post-Grenelle, dont **arrêté sur les vitrines, façades et bureaux en vigueur depuis le 01/07/2013**

Loi Biodiversité :

- Quelques confirmations :
 - paysages patrimoine commun, diurnes et nocturnes (art. L110-1 CE)
 - devoir de protection de l'environnement y compris nocturne (art. L110-2 CE)
 - la TVB doit prendre en compte la gestion de la lumière artificielle la nuit (art. L371-1 CE)
- Quelques avancées :
 - préservation des paysages (charte PNR) doit prendre en compte la pollution lumineuse (art. L350-1C CE)
 - **pollution lumineuse sous-marine (art. L219-8 CE)**
- En avril 2018 : l'Etat est condamné par le Conseil d'Etat pour défaut de réglementation en matière de biodiversité suite à un contentieux d'ONG => Un arrêté ministériel est en cours de rédaction par le MTES

Grands principes

Grands principes

*Bonne nouvelle : la pollution lumineuse est réversible
(pas le cas de toutes les pollutions)*

Si on éteint, la lumière disparaît

*Pas le cas de toutes ses conséquences en revanche
(notamment sur le vivant)...*

Grands principes

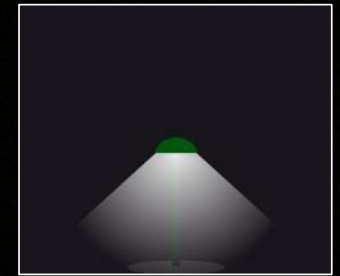
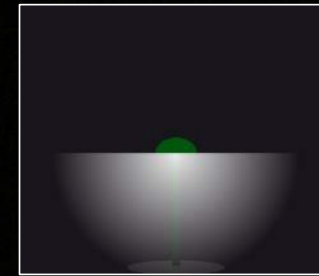
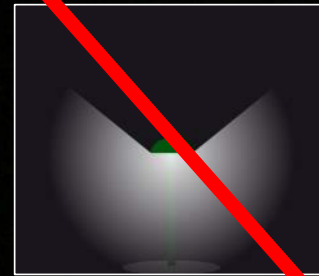
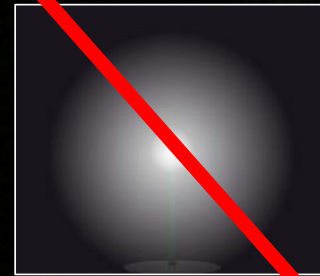
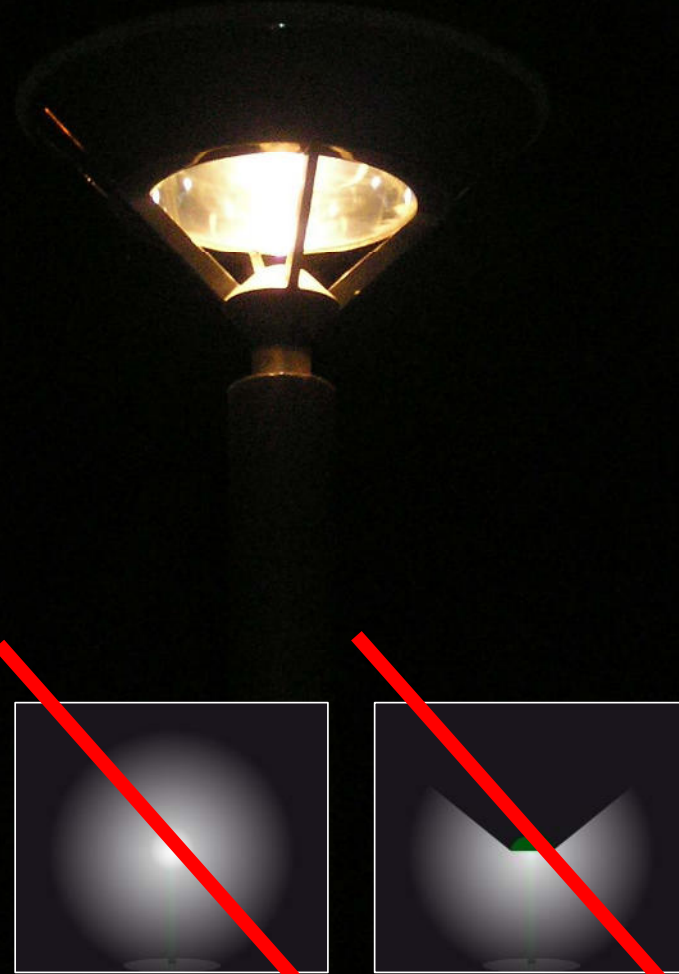
Se questionner sur l'opportunité même d'éclairer

Si le choix d'éclairer est fait (besoin) :
éclairer ce qu'il faut, quand il faut, où il faut

Trois axes d'actions possibles :

- Travail sur les **luminaires**
- Travail sur la **temporalité**
- Travail sur la **répartition spatiale**

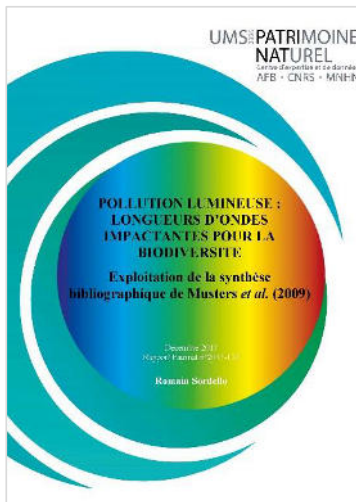
L'orientation des luminaires



La composition de la lumière (spectres)

La lumière ne sert pas qu'à voir

Sensibilité variable aux plages de longueurs d'ondes selon les espèces et les fonctions considérées



Sordello 2017
d'après Musters et al 2009

	Ultraviolet (<380nm)	Violet (380-450nm)	Bleu (450-500nm)	Vert (500-550nm)	Jaune (550-600nm)	Orange (600-650nm)	Rouge (650-750nm)	Infrarouge (>750nm)
Plantes	• Croissance	• Croissance	• Croissance	• Croissance			• Croissance • Horloge circadienne	• Croissance • Horloge circadienne • Horloge circannuelle • Rapports proies/prédateurs
Crustacés				• Phototactisme			• Activité • Phototactisme	
Arachnides		• Phototactisme	• Horloge circadienne • Phototactisme	• Phototactisme	• Horloge circadienne • Phototactisme	• Horloge circadienne • Phototactisme	• Horloge circadienne • Phototactisme	
Insectes	• Phototactisme • Orientation		• Phototactisme • Orientation	• Phototactisme	• Phototactisme		• Phototactisme	
Amphibiens	• Activité	• Horloge circadienne • Orientation • Phototactisme	• Horloge circadienne • Orientation • Phototactisme	• Horloge circadienne • Orientation • Phototactisme	• Orientation • Phototactisme	• Orientation • Phototactisme	• Phototactisme	
Oiseaux	• Régulation hormonale • Orientation	• Orientation	• Croissance • Horloge circannuelle • Phototactisme • Orientation	• Croissance • Horloge circannuelle • Phototactisme • Orientation	• Orientation	• Orientation	• Horloge circannuelle • Phototactisme • Orientation	• Croissance
Poissons			• Régulation hormonale • Croissance • Phototactisme	• Croissance • Phototactisme	• Phototactisme		• Phototactisme	
Mammifères (hors chauves-souris)	• Horloge circadienne	• Horloge circadienne	• Régulation hormonale • Horloge circadienne		• Horloge circadienne • Activité • Phototactisme	• Horloge circadienne • Activité • Phototactisme	• Horloge circadienne • Activité	• Horloge circadienne
Chiroptères		• Horloge circadienne	• Horloge circadienne	• Horloge circadienne	• Horloge circadienne	• Activité	• Horloge circadienne	
Reptiles		• Phototactisme	• Phototactisme	• Phototactisme	• Activité			

Tableau 2 : Types d'impacts par plage de longueur d'onde pour chaque groupe biologique d'après Musters *et al* 2009

Légende :

	1 type d'impact		2 types d'impacts		3 types d'impacts		4 types d'impacts
--	-----------------	--	-------------------	--	-------------------	--	-------------------

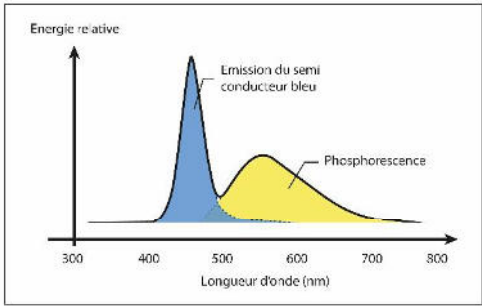
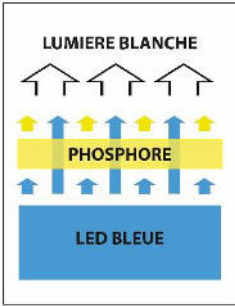
Plusieurs sources lumineuses avec chacune leur spectre



LAMPES A INCANDESCENCE

LAMPES A DÉCHARGE

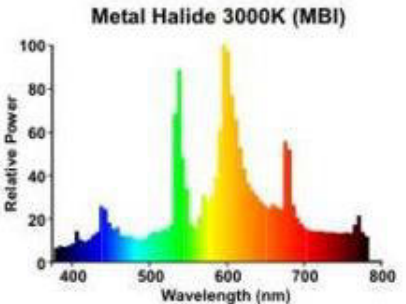
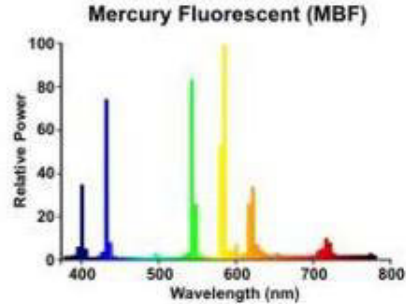
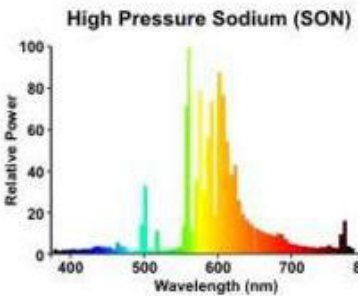
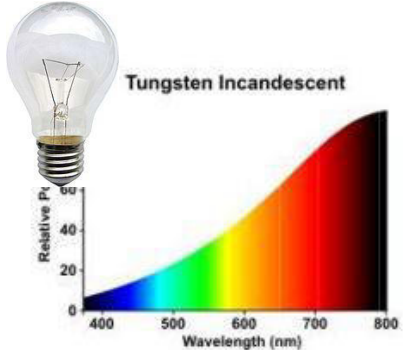
SEMI-CONDUCTEURS
LED, OLED



Diode Electro Luminescente
Composés électroniques

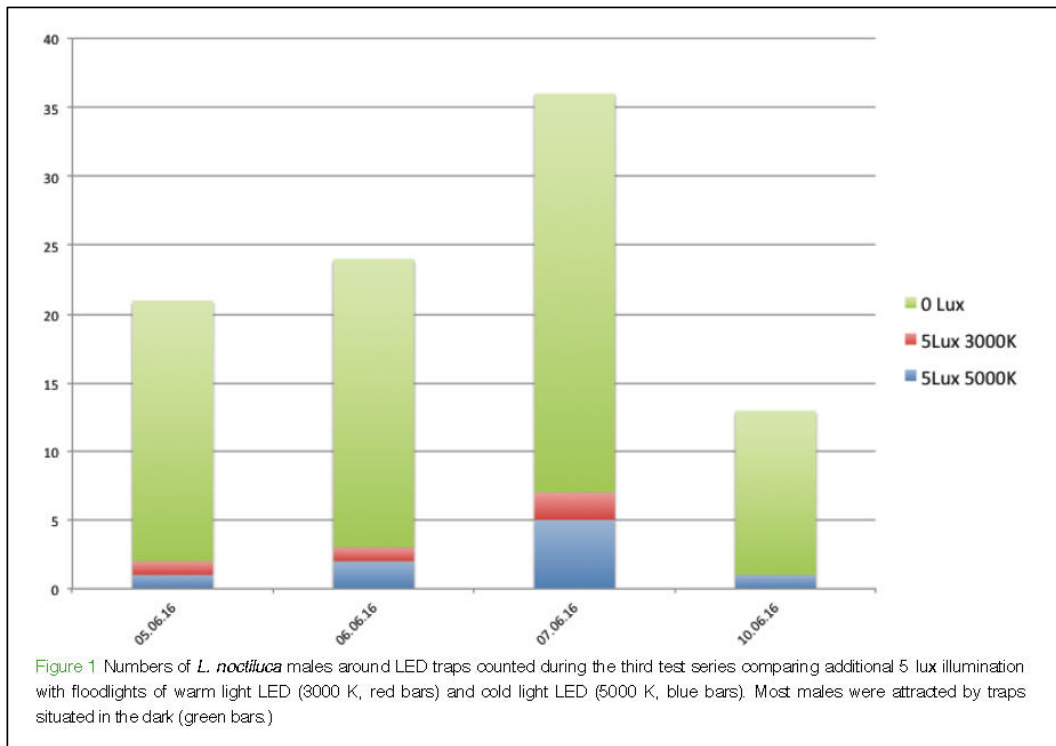
Le courant passe dans un filament qui produit alors de la chaleur et de la lumière

Une décharge électrique est envoyée dans un tube rempli de gaz



Composition de la lumière (spectres) : quelles préconisations ?

Difficulté à préconiser telle ou telle longueur d'onde dans l'absolu => dépend des enjeux (diagnostic de biodiversité)



Lusti & Ineichen, 2016



Photo F. Lamiot

Deux règles générales :

- Privilégier les spectres les plus étroits pour impacter le moins d'espèces/fonctions possible (ex : Davies, 2013)
- Si LED : températures de couleur basses < 3000°K diminuent les effets selon certains auteurs (ex : Longcore et al., 2015) mais pas dans tous les cas (ex : Pawson & Bader 2014, Lusti & Ineichen 2016)

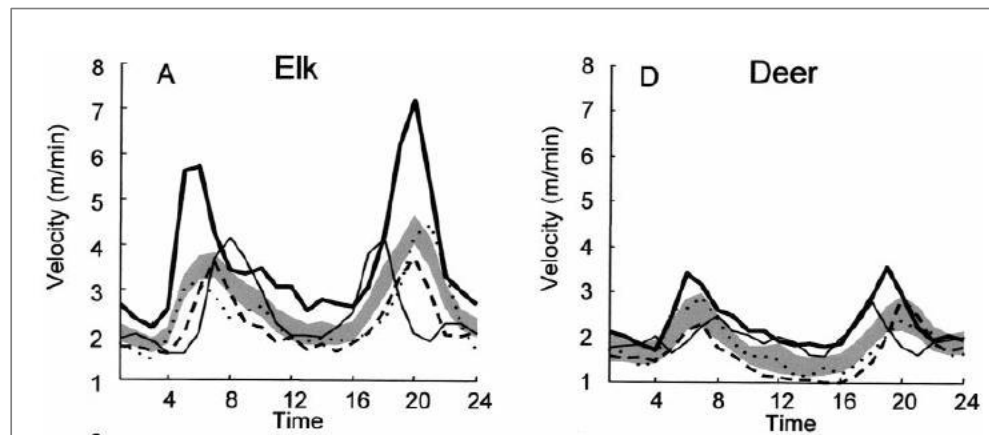
La temporalité de l'éclairage

Coupure en cœur de nuit : quelle efficacité pour la biodiversité ?

=> Evaluée uniquement chez les chauves-souris (deux études)

=> Bénéfices limités du fait du caractère crépusculaire de ces espèces (Azam *et al.*, 2015)

Activité bimodale très répandue chez les espèces nocturnes (rapaces, insectes, chiroptères, mammifères terrestres,)



Pilotage « intelligent » de l'éclairage toute la nuit (via détecteurs, minuteries). => Perspectives intéressantes grâce aux LED

Axe spatial : gestion différenciée de l'éclairage

Graduation de l'éclairage (ex : densité de points lumineux) voire absence totale d'éclairage en fonction des espaces

Vigilance sur certains sites (ex : bâti patrimonial)

Certains milieux très sensibles (ex : eau)

Importance des revêtements (réflexion)

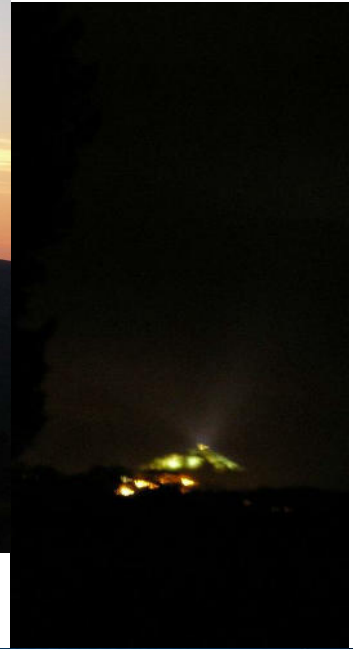


Photo F. Dubreuil

Synthèse

Caractéristiques des points lumineux

Organisation spatiale

Dimension temporelle

Quantité et qualité de la lumière (intensité, spectre, ...)

Angle d'orientation
=> Lumière émise au-dessus de l'horizontale

Sordello,
2017
Vertigo



Heure d'allumage, heure d'extinction, durée, variation dans l'année, ...

Distance entre lampadaires (densité de points lumineux)

Hauteur du mat
=> contribue à déterminer la surface d'éclairage au sol

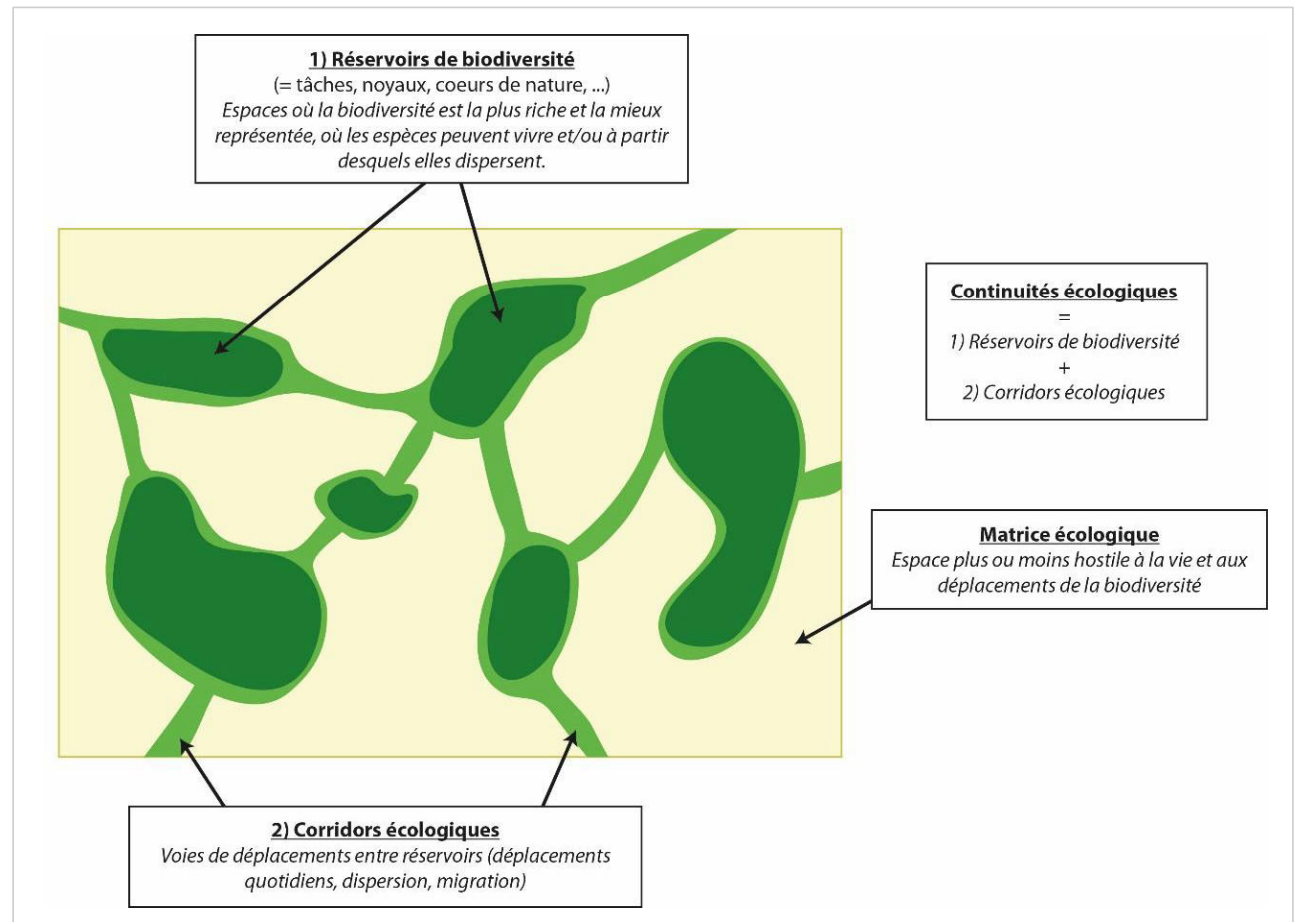
Environnement immédiat (rivière, espace naturel, ...)

Revêtement au sol
=> brillance (détermine la réflexion)

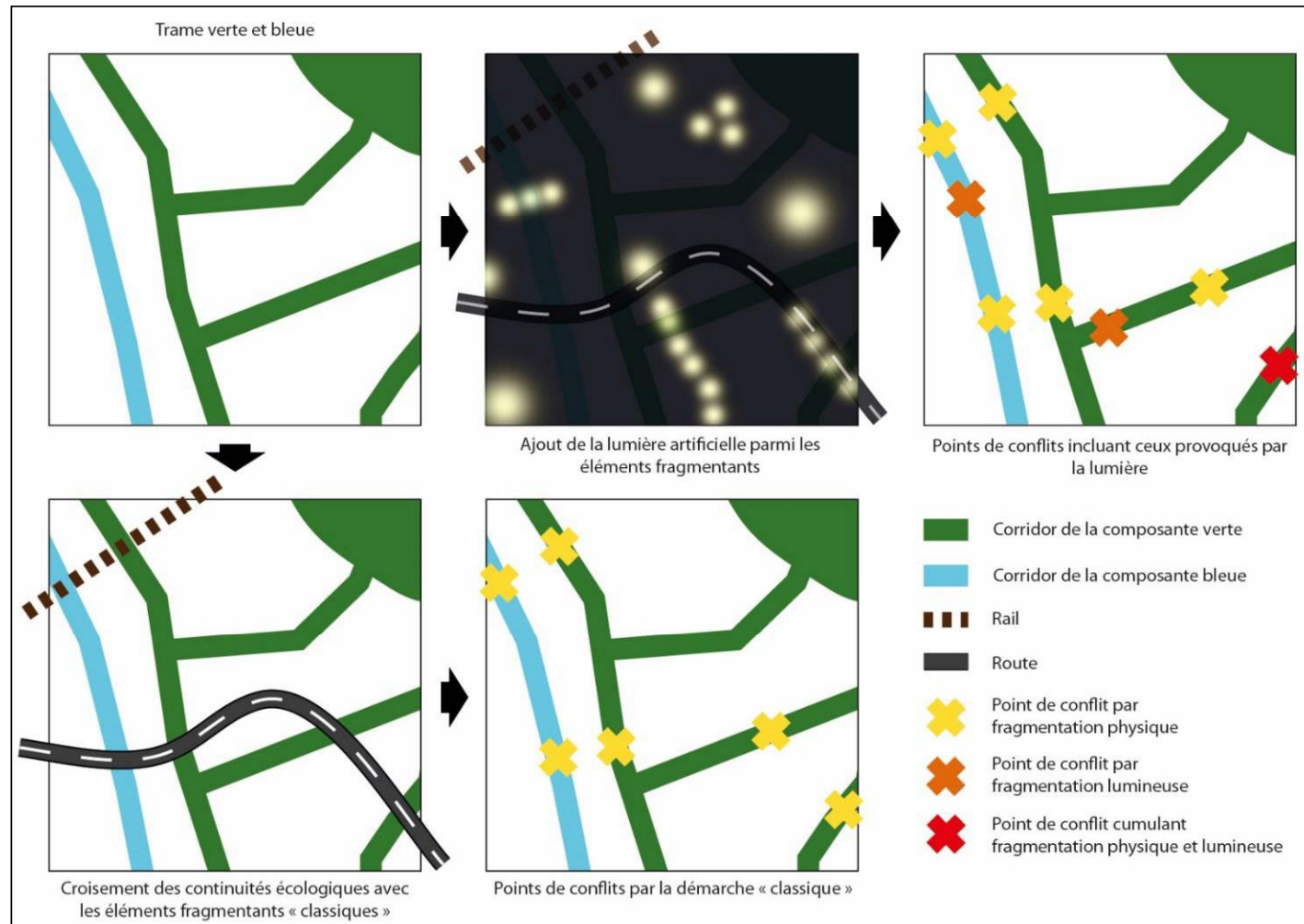
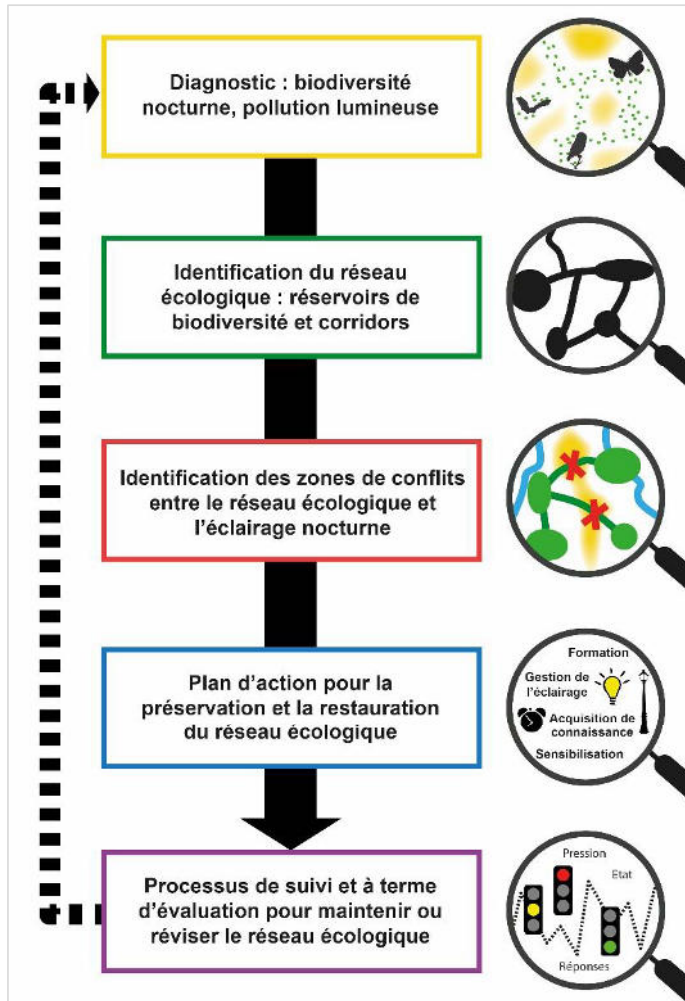
*Planification de l'éclairage
et Trame noire*

La Trame verte et bleue

- Politique publique du Ministère de l'écologie
- Née du Grenelle de l'environnement (2007)
- Lutter contre la fragmentation des habitats
- Prendre en compte la biodiversité dans l'aménagement du territoire
- Préserver et restaurer des continuités écologiques constituées de réservoirs de biodiversité et de corridors
- Mise en œuvre à trois échelles : nationale, régionale, locale



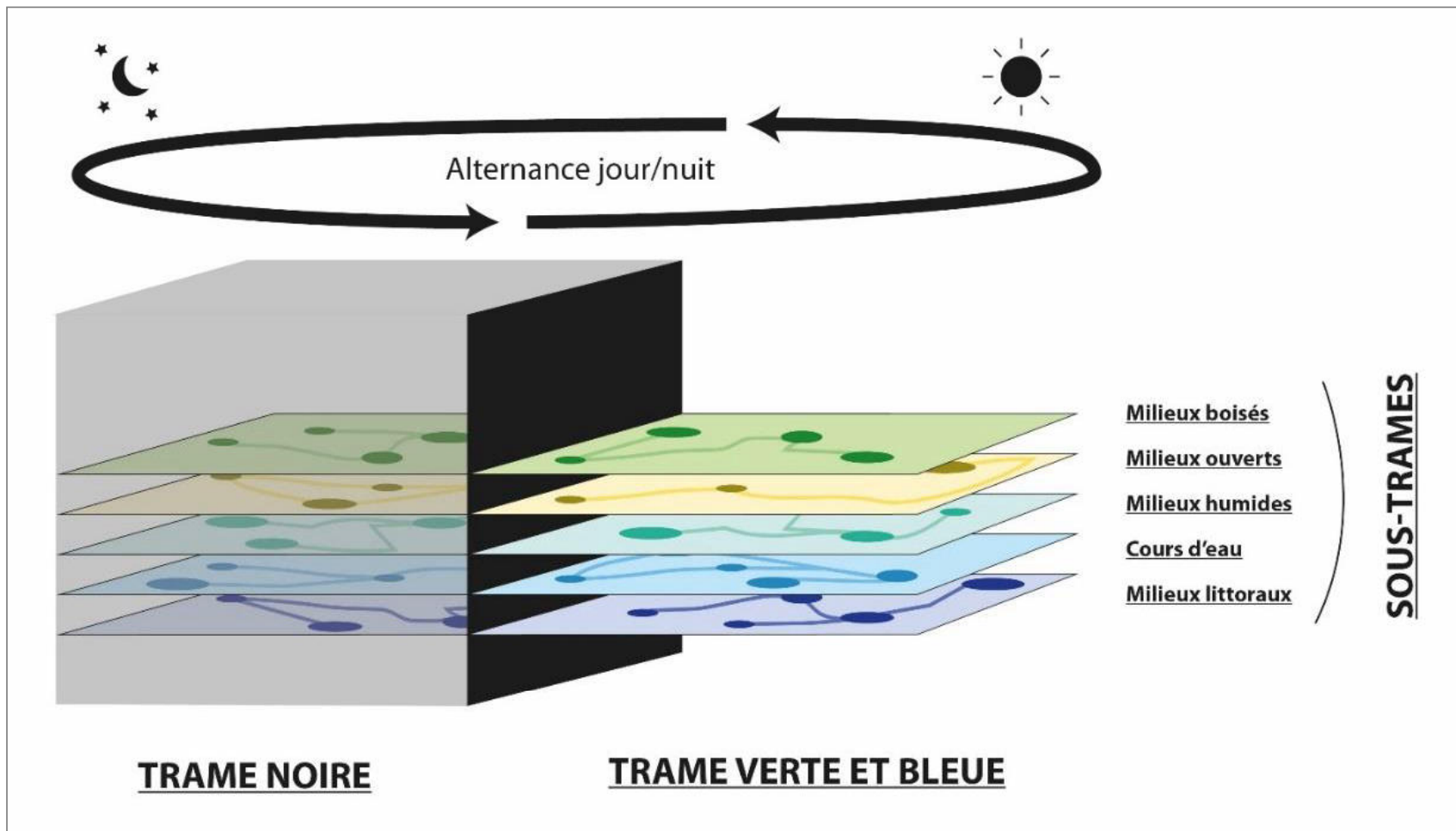
Prendre en compte la lumière artificielle dans la Trame verte et bleue



Sordello, 2017 Vertigo

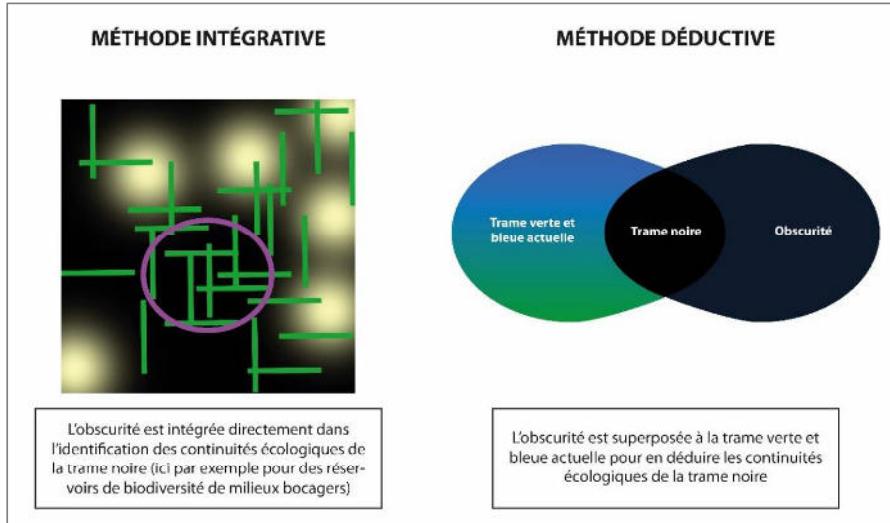
Identifier une Trame noire

Au-delà de prendre en compte la lumière dans la TVB :
caractérisation d'un réseau écologique de réservoirs et de
corridors basé sur l'obscurité, pour la vie la nuit

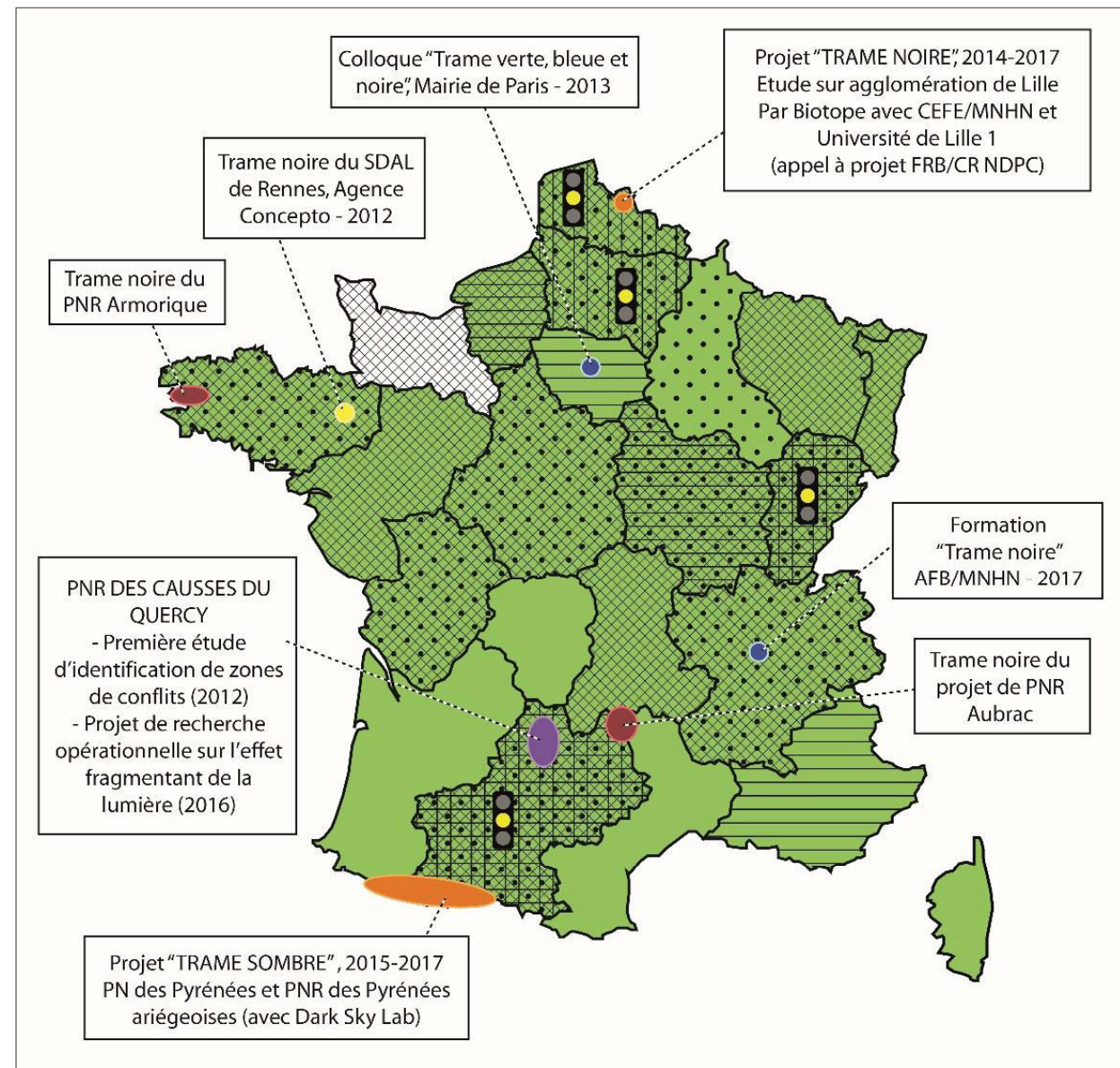


Sordello, 2017
Territoire en mouvement

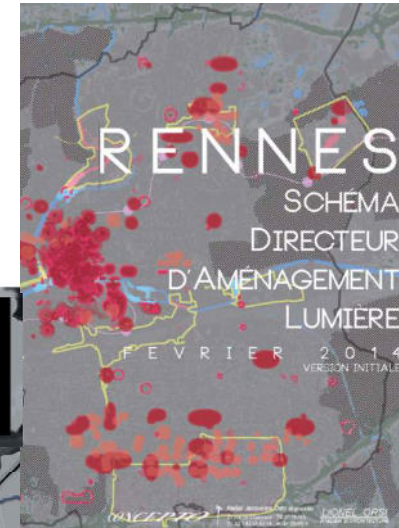
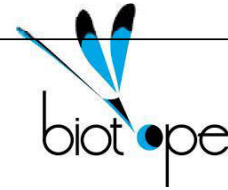
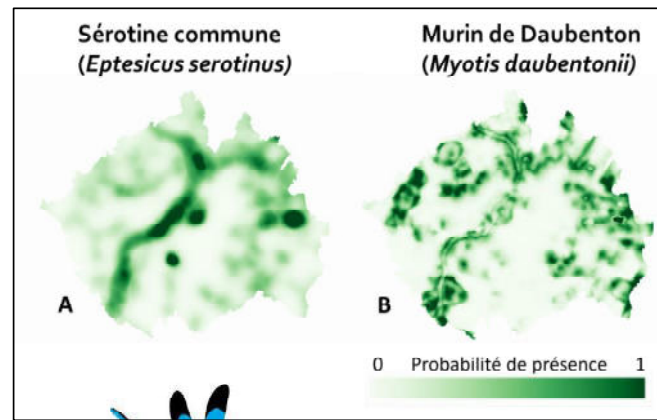
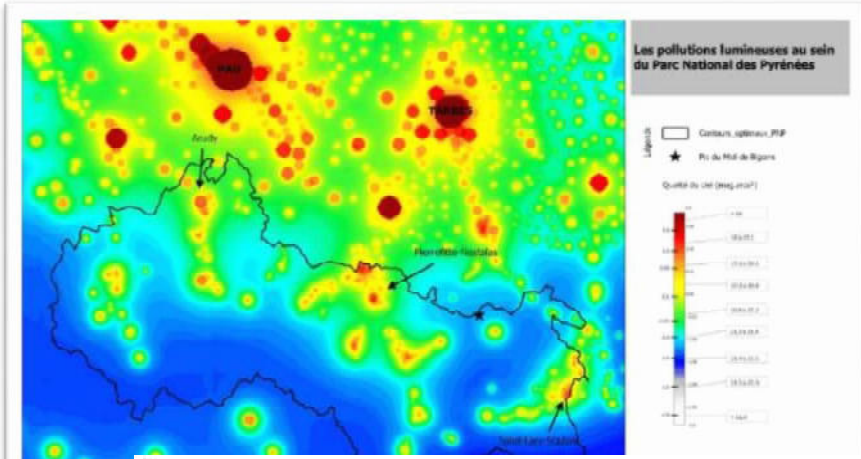
Etat des lieux en France



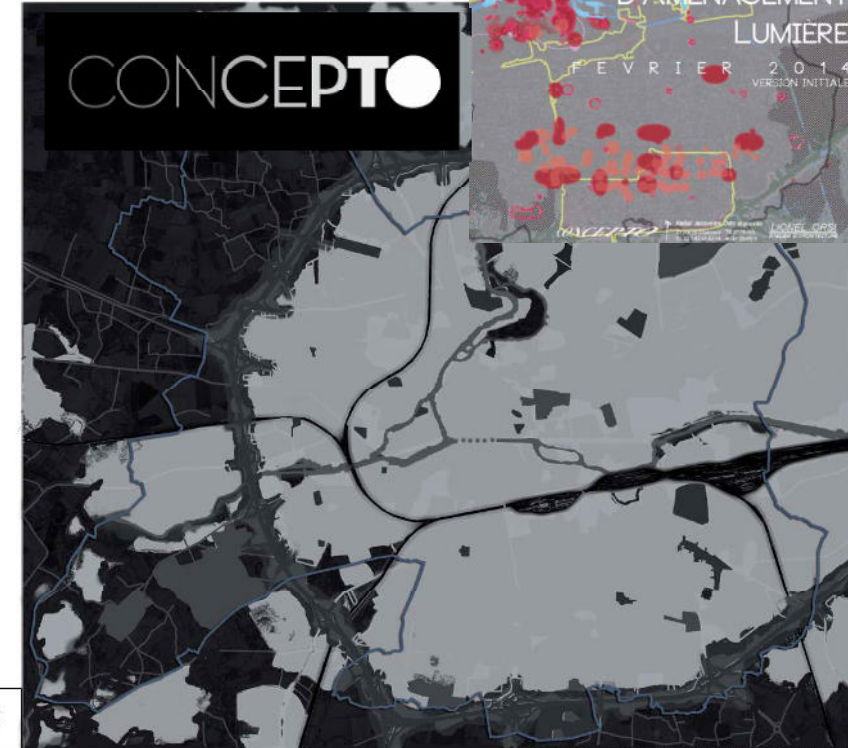
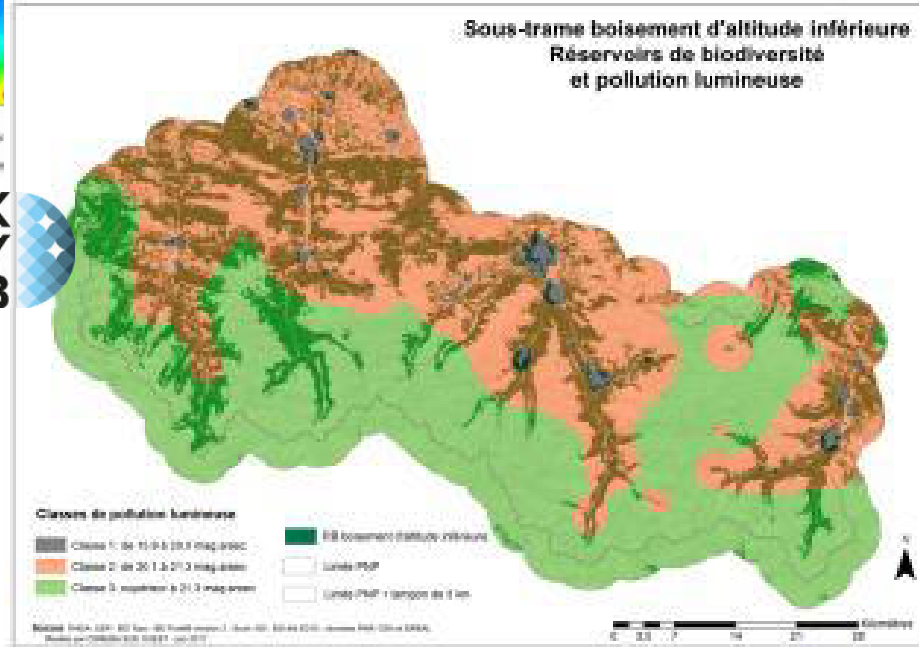
Sordello, 2017
Territoire en mouvement



Principales expérimentations



DARK SKY LAB



19/AR

La mairie de Rennes : l'objectif actuel et projeté

MERCI DE VOTRE ATTENTION



Photo R. Sordello

Pour aller plus loin

Muséum national d'histoire naturelle
 Direction de la Recherche, de l'Expérimentation et de la Valorisation
 Service du Patrimoine Naturel
 Romain Sordello, Sylvie Vazquez, Clémentine Azam,
 Christian Korbéan, Isabelle Le Viol, Thomas Le Talig

Effet fragmentant de la lumière artificielle
 Quels impacts sur la mobilité des espèces et comment peuvent-ils être évités ou corrigés dans les réseaux ?

Muséum national d'histoire naturelle
 Direction de la Recherche, de l'Expérimentation et de la Valorisation
 Service du Patrimoine Naturel
 Romain Sordello

Sciences Eaux & Territoires
 La revue d'Irstea

Article hors-série numéro 45
Trame noire : un sujet qui « monte » dans les territoires

Muséum national d'histoire naturelle
 Direction de la Recherche, de l'Expérimentation et de la Valorisation
 Service du Patrimoine Naturel
 Romain Sordello

Première capitalisation méthodologique sur les Schémas régionaux de cohérence écologique adoptés ou en projet
 Pollution lumineuse

Support 2015 - 32 Mars 2015

66

Focus

Comment gérer la lumière artificielle dans les continuités écologiques ?

Dans le cadre de la mise en place de la trame verte et bleue, des actions renforcées doivent être mises en œuvre pour réduire les pressions anthropiques sources de fragmentation : Schémas Régionaux de Cohérence Ecologique, plans de gestion de la pollution lumineuse sur la biodiversité, la gestion raisonnée de la lumière artificielle en nuit, les corridors écologiques et les trames noires.

La pollution lumineuse est un enjeu de plus en plus important. Elle agit sur la biodiversité en perturbant les rythmes circadiens, en modifiant les comportements et en altérant les habitats. Elle agit également sur la santé humaine en perturbant le sommeil et en provoquant des troubles de la vue.

Les conséquences de la pollution lumineuse sur la biodiversité sont de plus en plus nombreuses. Elle agit sur la reproduction, la migration, la prédation et la survie de nombreuses espèces. Elle agit également sur la structure des communautés et sur la résilience des écosystèmes.

La pollution lumineuse est un enjeu de plus en plus important. Elle agit sur la biodiversité en perturbant les rythmes circadiens, en modifiant les comportements et en altérant les habitats. Elle agit également sur la santé humaine en perturbant le sommeil et en provoquant des troubles de la vue.

Les conséquences de la pollution lumineuse sur la biodiversité sont de plus en plus nombreuses. Elle agit sur la reproduction, la migration, la prédation et la survie de nombreuses espèces. Elle agit également sur la structure des communautés et sur la résilience des écosystèmes.

Les conséquences de la lumière artificielle nocturne sur les déplacements de la faune et la fragmentation des habitats : une revue

Romain Sordello

Muséum national d'histoire naturelle de Paris, UMS 2006 Patrimoine naturel AFB-CNRS-MNHN, 61, rue Buffon, Chez le CBNBP - CP53, F-75005 Paris (romain.sordello@mnhn.fr)

Sordello, R., 2017. Les conséquences de la lumière artificielle nocturne sur les déplacements de la faune et la fragmentation des habitats : une revue. *Bulletin de la Société de luxembourgeois* 119 : 39-54.

Abstract. Artificial light at night causes negative effects on biodiversity. It affects mobility, modifying the goal, the frequency and the temporality of animal movements, and has attractive or repulsive effects. Recently, some studies demonstrated a clear impact because artificial illumination can cut the dark of the night and then it can act as a barrier for fauna. Scientific knowledge is still lacking about this fragmentation but it is now evidence that light pollution makes natural habitats regress biodiversity. In this situation, ecological networks, i.e. dark natural areas or black corridors, should be preserved and restored by policy makers.

Key words. Light pollution, ALAN, Corridors, Protected areas, Green infrastructure

Pollution lumineuse et trame verte et bleue : vers une trame noire en France ?

Light Pollution in French Green and Blue Infrastructure Policy: Towards a Dark Ecological Network?

Romain Sordello

UMS PATRIMOINE NATUREL
 AFB - CNRS - MNHN

Construire des indicateurs nationaux sur la pollution lumineuse
 Réflexion préliminaire

Romain Sordello, Clémentine Azam, Jean-Michel Amsalleum, Yves Bas, Lucille Bélon, Samuel Buisson, Samuel Chaillet, Christian Korbéan, Isabelle Le Viol, Bastien Nguyen-Bui, Raphaël Sarda, Sébastien Vauclair, Paul Verhey

Aout 2018 - 8 pages

[Vertigo] La revue électronique en sciences de l'environnement

Volume 17 numéro 3 | décembre 2017

Biodiversité et gestion des territoires

Section courante

Pistes méthodologiques pour prendre en compte la pollution lumineuse dans les réseaux écologiques

Romain Sordello

Résumé | Index | Plan | Mots | Bibliographie | Discussions | Citation | Auteur

RÉSUMÉS

Face aux phénomènes de disparition et de fragmentation des habitats, le développement de réseaux écologiques, c'est-à-dire de réseaux naturels interconnectés, est une solution largement préconisée par la littérature. Or depuis peu, la lumière artificielle nocturne est considérée comme une source nouvelle de fragmentation. L'éclairage nocturne altère les déplacements de la faune et altère la mobilité des individus connectés aux réseaux naturels nocturnes. Les effets négatifs sont de plus en plus nombreux.

UMS PATRIMOINE NATUREL
 AFB - CNRS - MNHN

POLLUTION LUMINEUSE : LONGUEURS D'ONDES IMPACTANTES POUR LA BIODIVERSITÉ

Exploitation de la synthèse bibliographique de Musters et al. (2009)

Romain Sordello