

Impact de l'éclairage artificielle sur les chiroptères



Christian Kerbiriou, Nicolas Valet, Clémentine Azam,
Julie Pauwels, Aurélie Lacoecilhe, Isabelle Le Viol



MUSÉUM
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

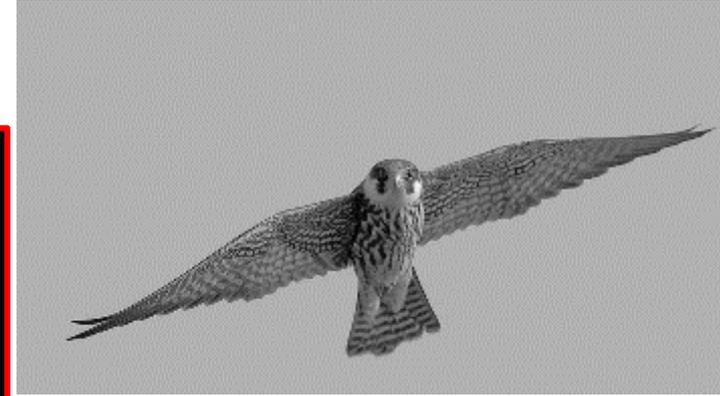


CESCO
Centre d'Écologie et des
Sciences de la Conservation



Impact de l'éclairage artificielle sur les chiroptères

- *Stratégies des chiroptères*

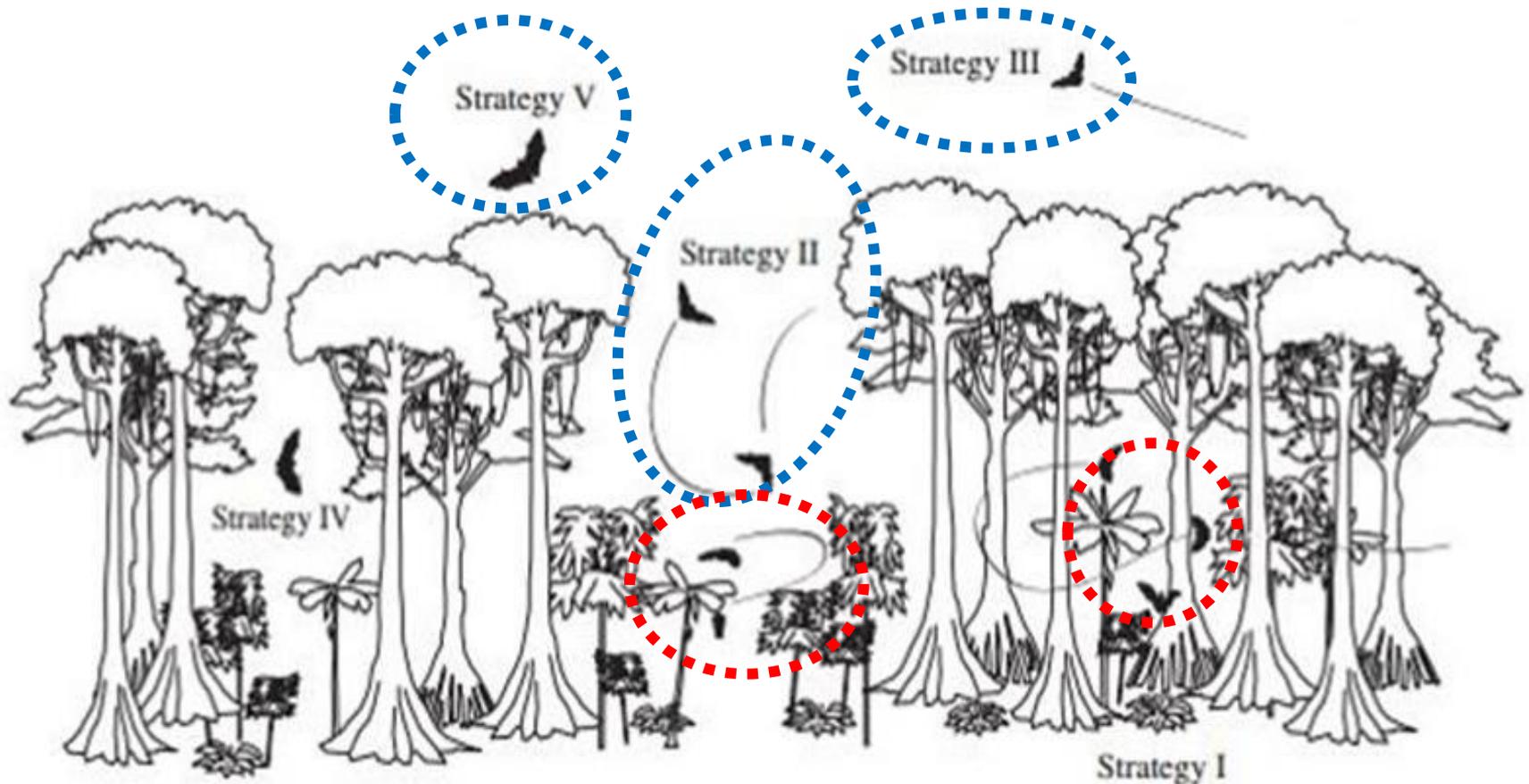


Impact de l'éclairage artificielle sur les chiroptères

- *Stratégies des chiroptères*

Espèces à “vol rapide”

- Chassent en milieux ouverts
- Emergent dès le coucher du soleil



Espèces à “vol lent”

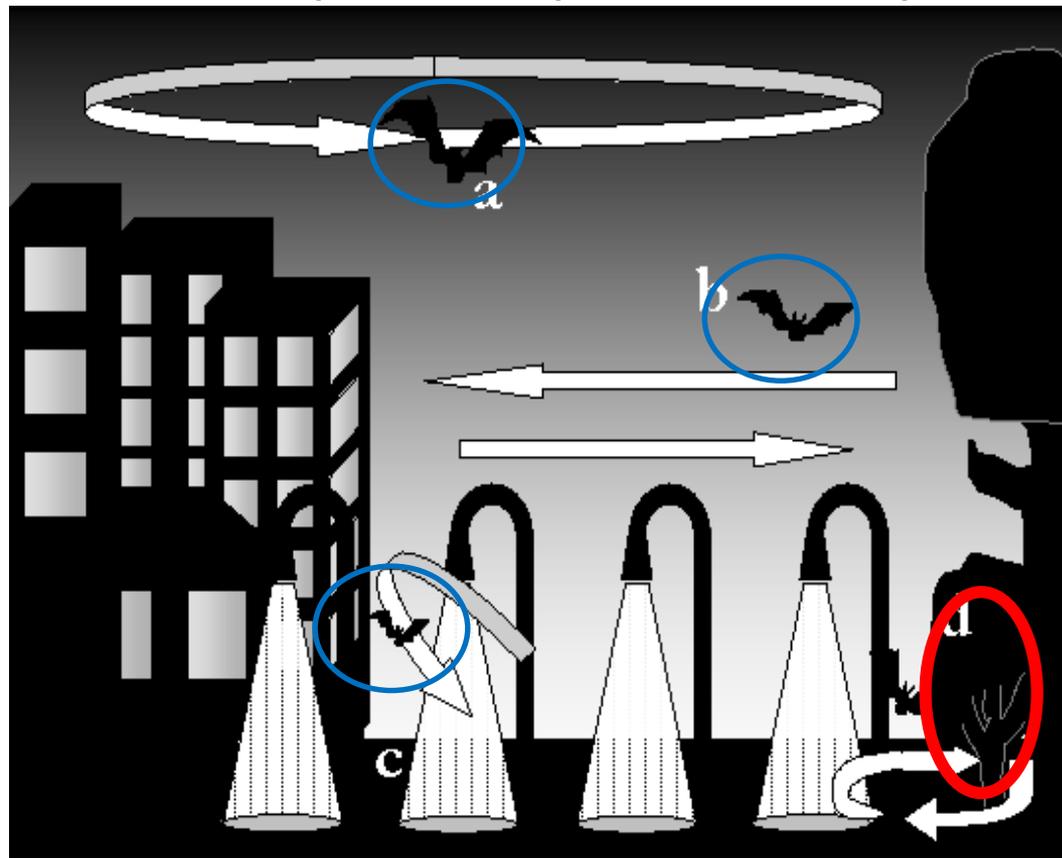
- Chassent dans des milieux fermés
- Emergent bien après le coucher du soleil

Impact de l'éclairage artificielle sur les chiroptères

1. Impacts spatiaux à petite échelle

Impact de l'éclairage artificielle sur les chiroptères

1. Impacts spatiaux à petite échelle



- **Espèces à “vol rapide”**: augmentation des opportunités
- **Espèces à “vol lent”** : pertes d'habitat

(Blake et al. 1994, Rydell 2006, Stone et al. 2012)

Espèces à “vol rapide”



Eptesicus sp.



Pipistrellus sp.

Espèces à “vol lent”



Myotis sp.



Rhinolophus sp.

La majorité des espèces listées en
Annexe II Directive Habitat

Travaux de thèse d'Aurélie LACOEUILHE, financement EDF

OPEN ACCESS Freely available online



The Influence of Low Intensities of Light Pollution on Bat Communities in a Semi-Natural Context

Aurelie Lacoeuilhe^{1,2*}, Nathalie Machon¹, Jean-François Julien¹, Agathe Le Bocq², Christian Kerbiriou¹



- **Contexte de milieu semi-naturel** (prairies bocagères en estuaire de la Loire)
- **Faible intensité d'éclairage** (en moyenne 1,88 lux)





Travaux de thèse d'Aurélie LACOEUILHE, financement EDF

OPEN ACCESS Freely available online



The Influence of Low Intensities of Light Pollution on Bat Communities in a Semi-Natural Context

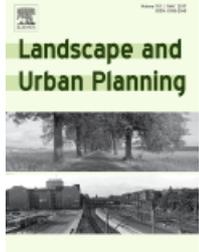
Aurélien Lacoëuilhe^{1,2*}, Nathalie Machon¹, Jean-François Julien¹, Agathe Le Bocq², Christian Kerbiriou¹

Espèces	Effet et significativité	Estimate de l'effet de l'intensité de l'éclairage
<i>Eptesicus serotinus</i>	+ ***	$\beta = 6.67 \pm 1.17 \text{ SE}$
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	+ *	$\beta = 0.15 \pm 0.087 \text{ SE}$
<i>Pipistrellus nathusii</i>	+ NS	$\beta = 0.092 \pm 0.066 \text{ SE}$
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	+ *	$\beta = 0.074 \pm 0.037 \text{ SE}$
<i>Pipistrellus pygmaeus</i>	+ ***	$\beta = 1.95 \pm 0.21 \text{ SE}$
<i>Nyctalus leisleri</i>	- **	$\beta = -6.77 \pm 2.61 \text{ SE}$
<i>Nyctalus noctula</i>	+ ***	$\beta = 0.50 \pm 0.07 \text{ SE}$
<i>Barbastella barbastellus</i>	- NS	$\beta = -7.21 \pm 81.06 \text{ SE}$
<i>Myotis spp.</i>	- **	$\beta = -5.98 \pm 2.35 \text{ SE}$
<i>Plecotus spp.</i>	- ***	$\beta = -12.62 \pm 2.04 \text{ SE}$



Travaux de thèse de Clémentine AZAM financement Ile de France

Outdoor lighting planning strategies around ecological corridors:
Evidence for distance and illuminance thresholds in the effects of
artificial lighting on bat activity. *In review*



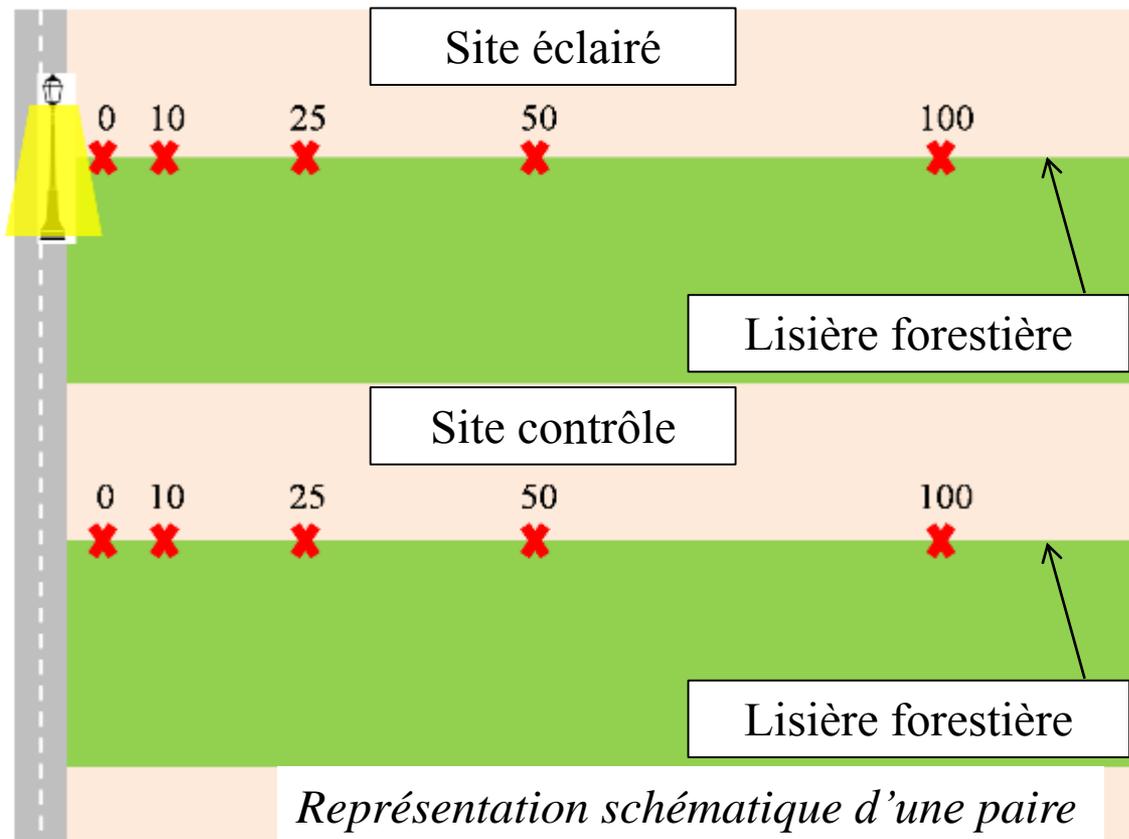
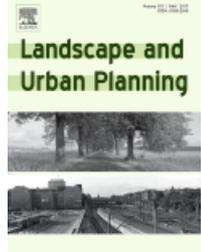
Distance d'impact





Travaux de thèse de Clémentine AZAM financement Ile de France

Outdoor lighting planning strategies around ecological corridors:
Evidence for distance and illuminance thresholds in the effects of
artificial lighting on bat activity. *In review*



27 paires

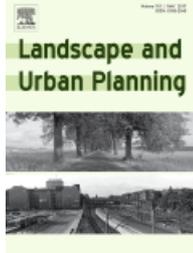
➤ 270 stations



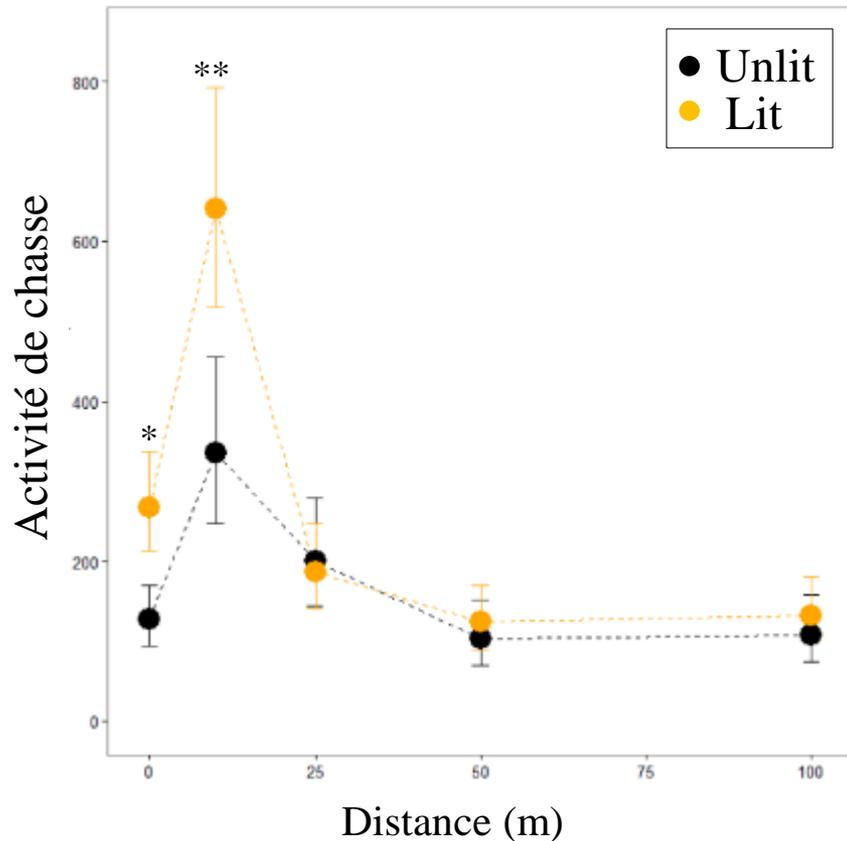
Enregistrement
simultanée de 10
détecteurs

Travaux de thèse de Clémentine AZAM financement Ile de France

Outdoor lighting planning strategies around ecological corridors:
Evidence for distance and illuminance thresholds in the effects of
artificial lighting on bat activity. *In review*

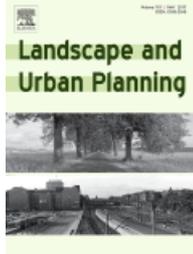


Espèces à “vol rapide”
P. pipistrellus

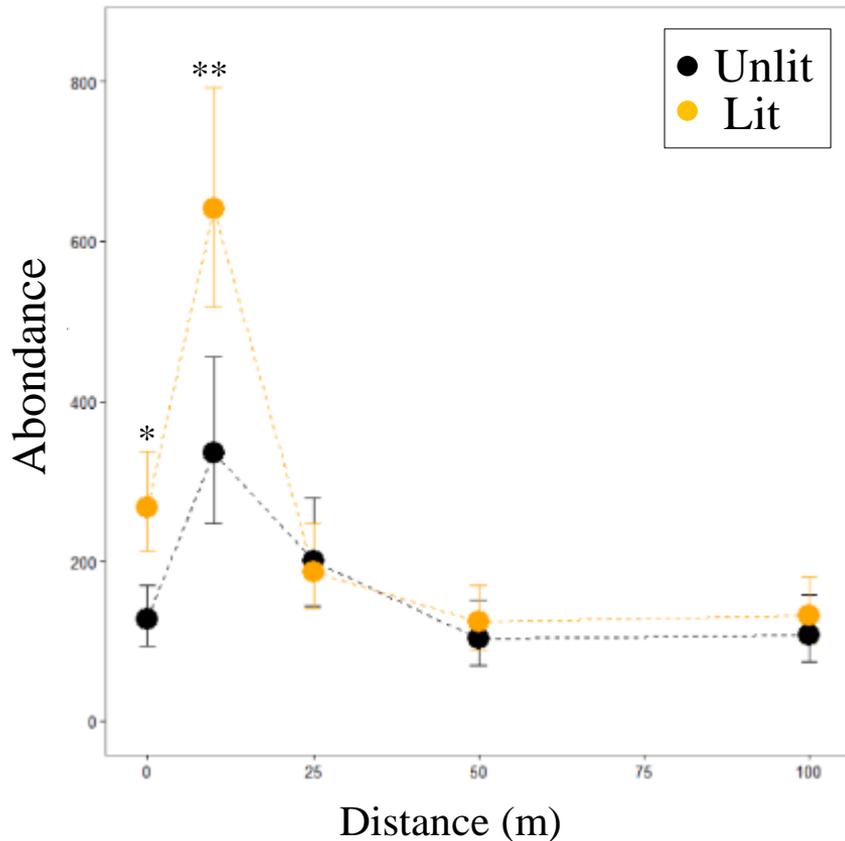


Travaux de thèse de Clémentine AZAM financement Ile de France

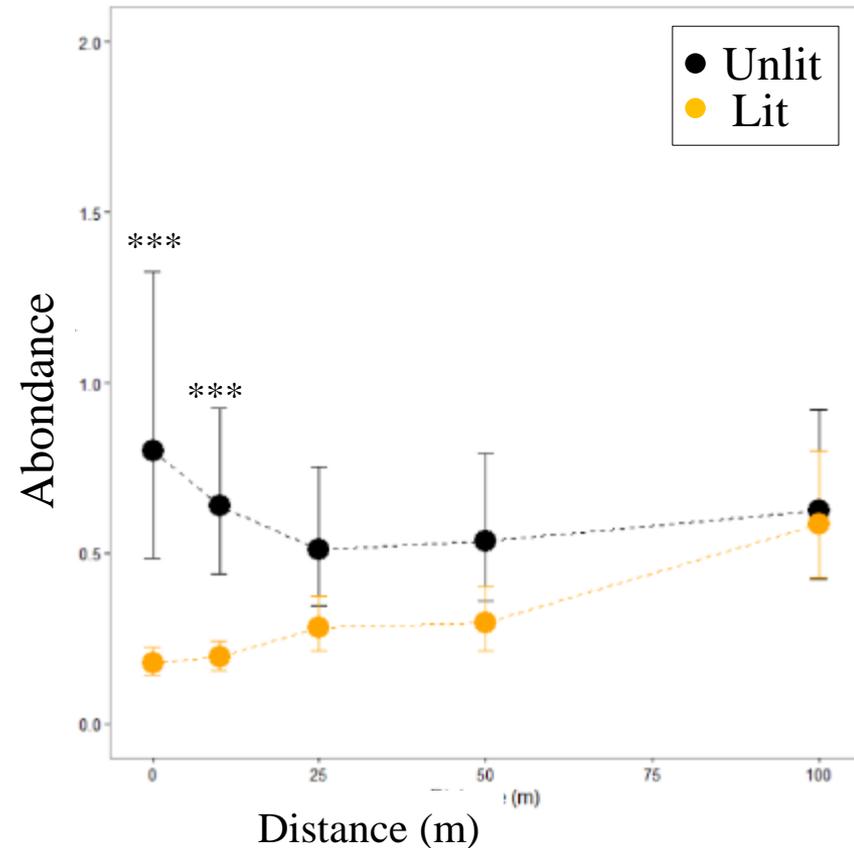
Outdoor lighting planning strategies around ecological corridors:
Evidence for distance and illuminance thresholds in the effects of
artificial lighting on bat activity. *In review*



Espèces à “vol rapide”
P. pipistrellus

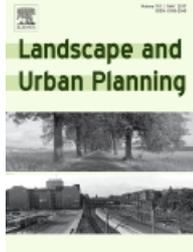


Espèces à “vol lent”
Myotis sp.

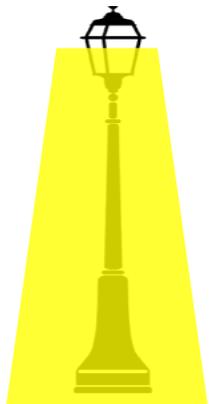


Travaux de thèse de Clémentine AZAM financement Ile de France

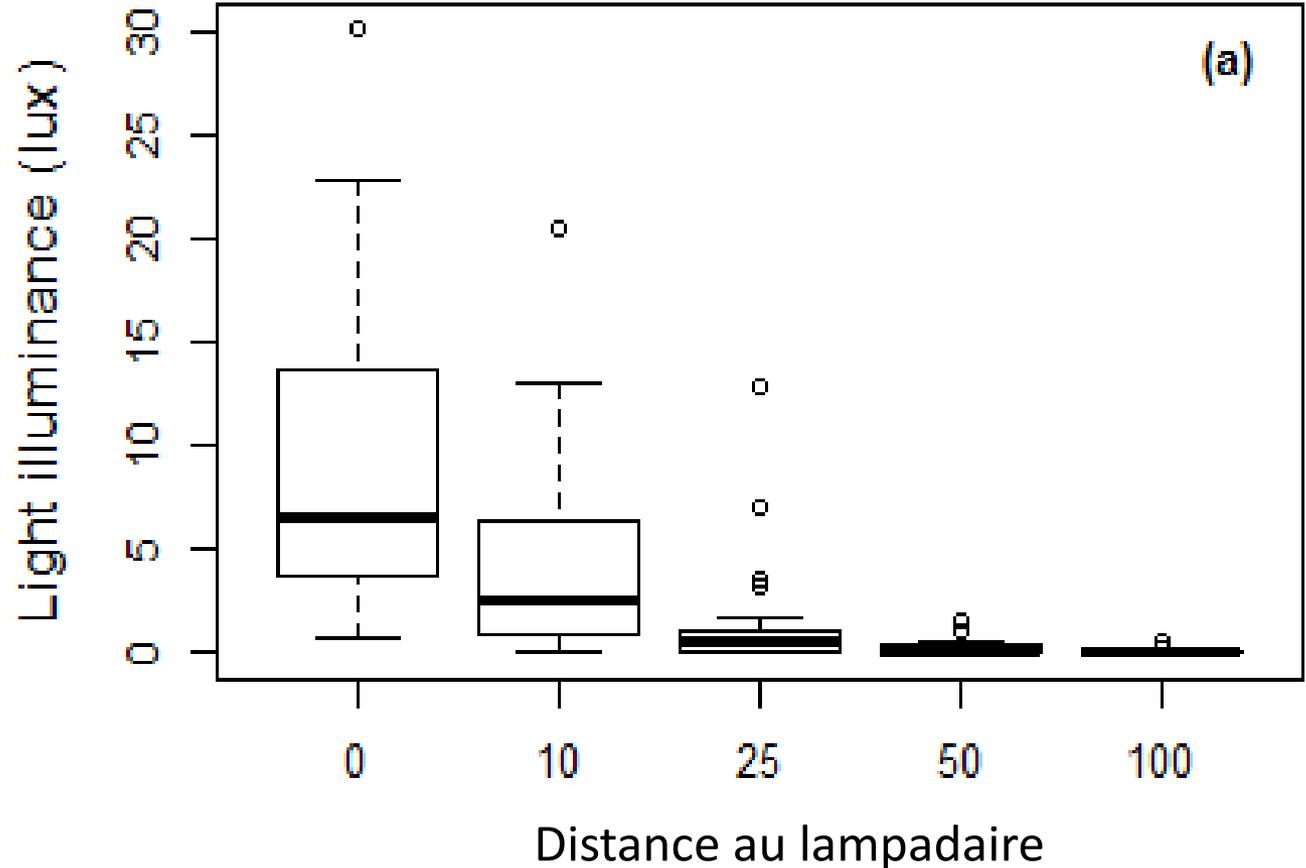
Outdoor lighting planning strategies around ecological corridors:
Evidence for distance and illuminance thresholds in the effects of
artificial lighting on bat activity. *In review*



~ 0.3 lux



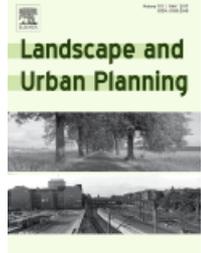
~ 25-40 lux



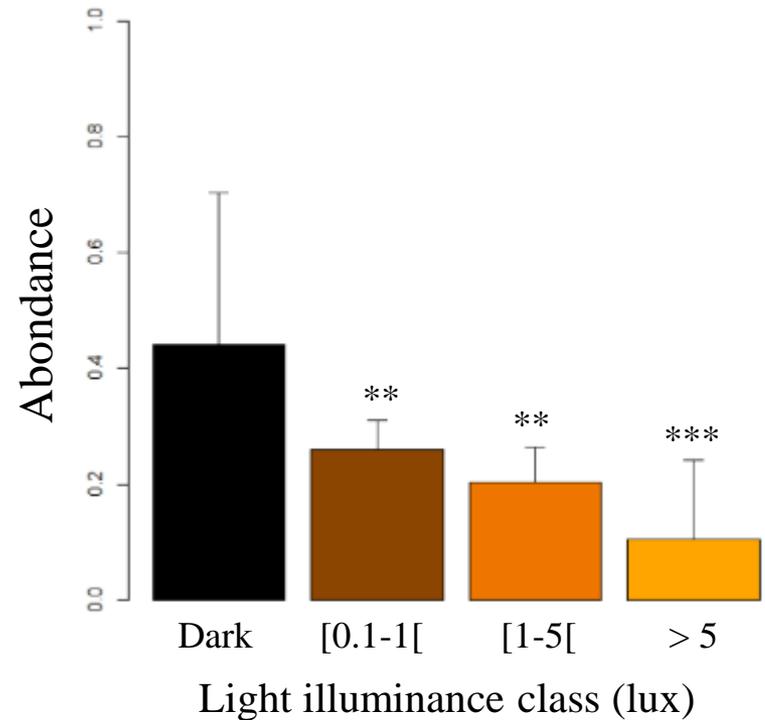


Travaux de thèse de Clémentine AZAM financement Ile de France

Outdoor lighting planning strategies around ecological corridors:
Evidence for distance and illuminance thresholds in the effects of
artificial lighting on bat activity. *In review*



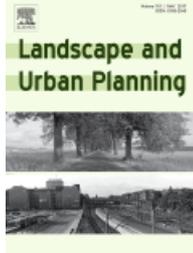
Espèces à “vol lent”
Myotis sp.



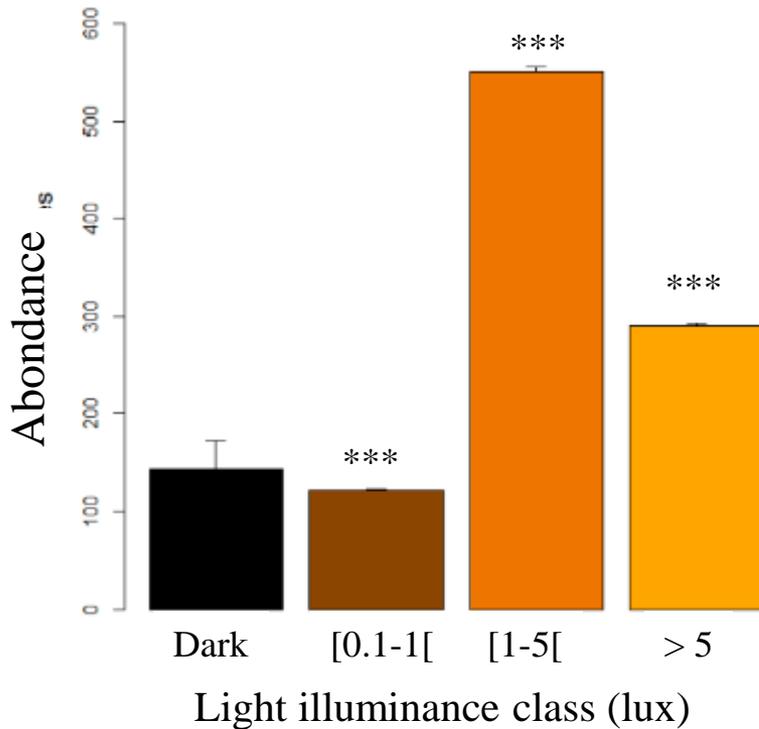
➤ **Mesure vertical d'intensité**

Travaux de thèse de Clémentine AZAM financement Ile de France

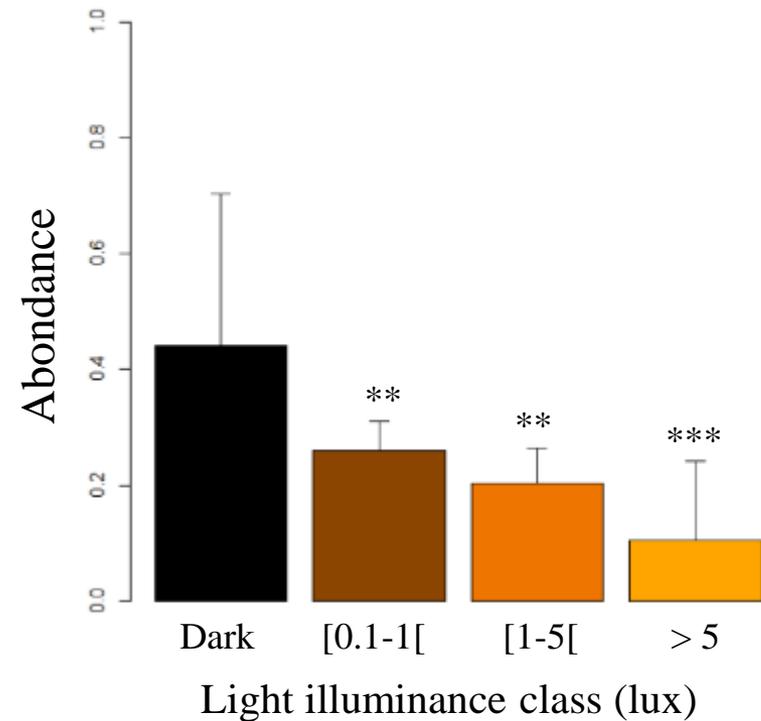
Outdoor lighting planning strategies around ecological corridors:
Evidence for distance and illuminance thresholds in the effects of
artificial lighting on bat activity. *In review*



Espèces à “vol rapide”
P. pipistrellus



Espèces à “vol lent”
Myotis sp.



➤ **Mesure vertical d'intensité**

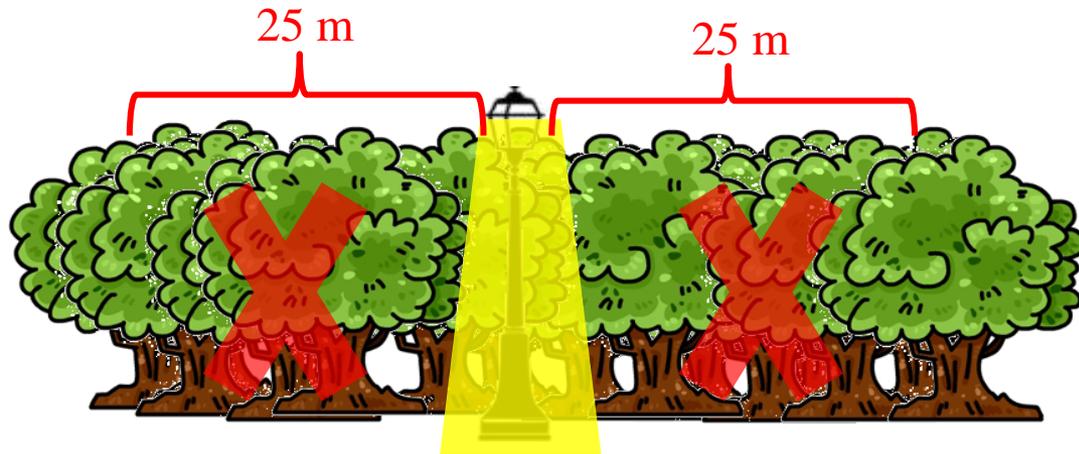
Travaux de thèse de Clémentine AZAM financement Ile de France



Espèces à “vol lent”
Myotis sp.



Perte d’habitat minimum



Travaux de thèse de Clémentine AZAM financement Ile de France

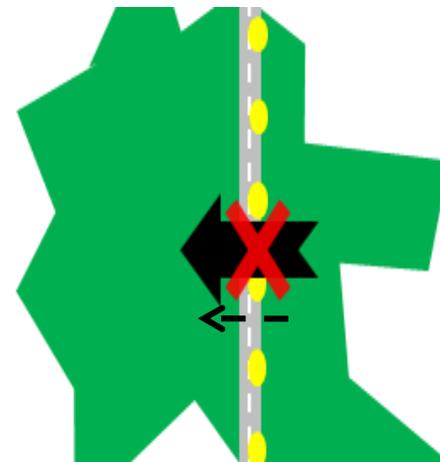
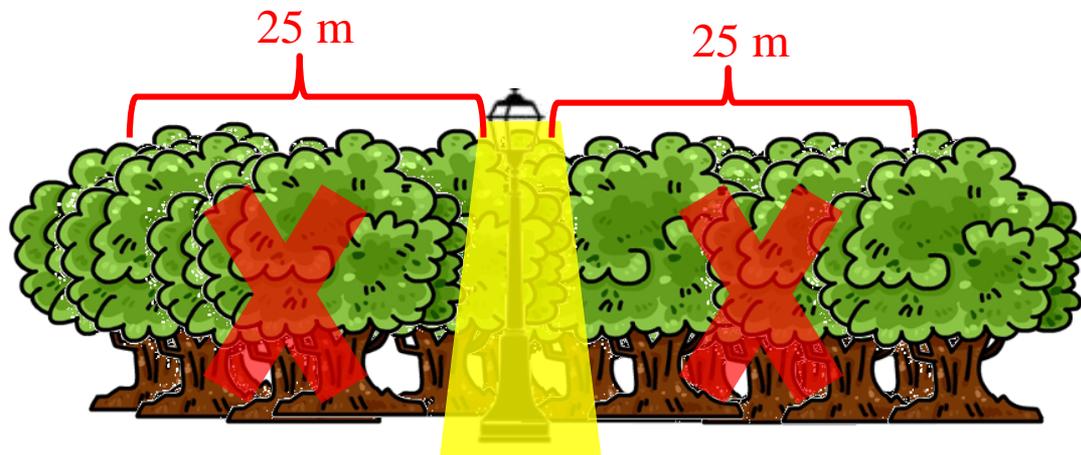


Espèces à "vol lent"
Myotis sp.



Perte d'habitat minimum

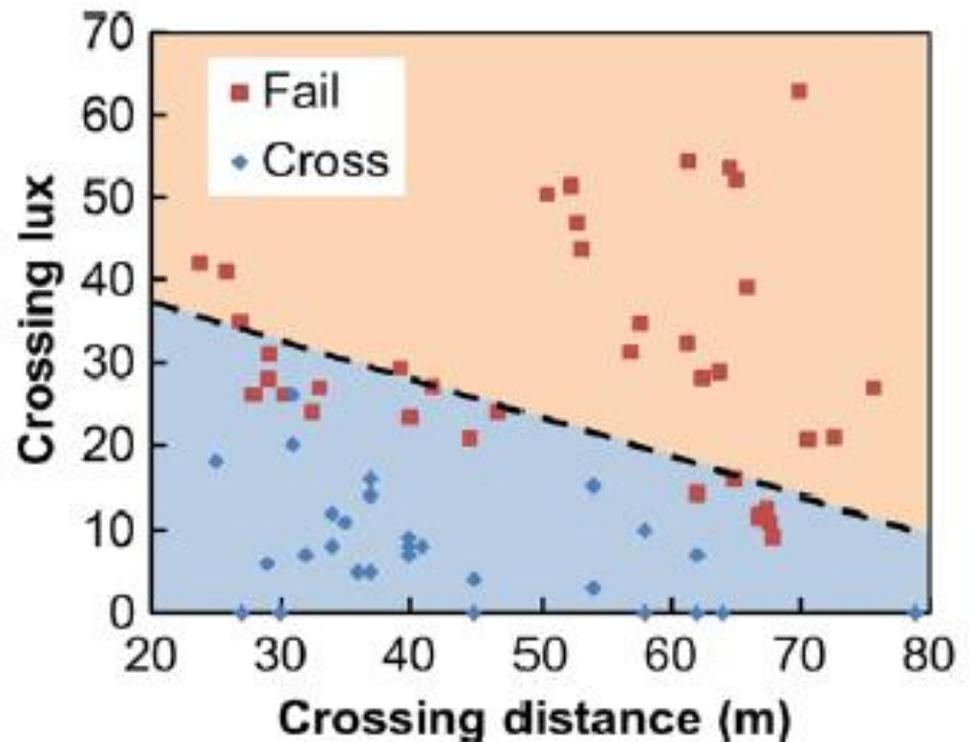
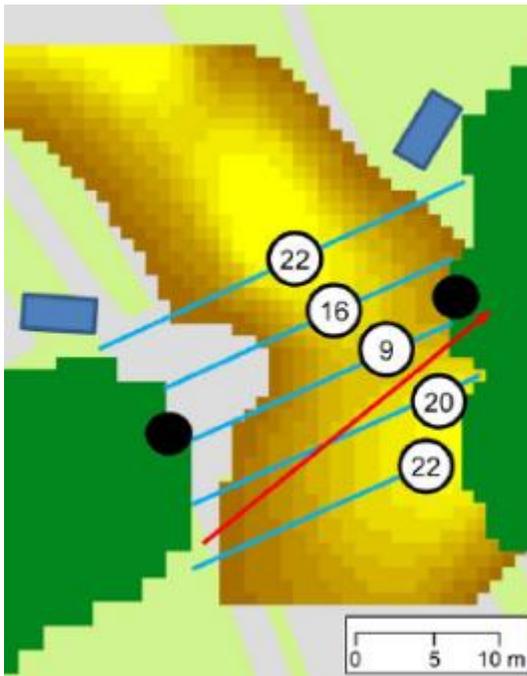
«Effet barrière»



The ecological impact of city lighting scenarios: exploring gap crossing thresholds for urban bats

JAMES D. HALE¹, ALISON J. FAIRBRASS², THOMAS J. MATTHEWS^{3,4}, GEMMA DAVIES⁵
and JON P. SADLER¹

Espèces à “vol rapide”
P. pipistrellus



Impact de l'éclairage artificielle sur les chiroptères

- 1. Impacts spatiaux à petite échelle*
- 2. Impacts spatiaux à large échelle*

Travaux de thèse de Clémentine AZAM financement Ile de France

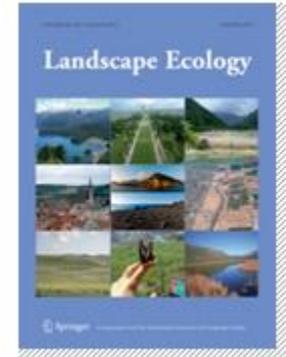
Landscape Ecol
DOI 10.1007/s10980-016-0417-3



RESEARCH ARTICLE

Disentangling the relative effect of light pollution, impervious surfaces and intensive agriculture on bat activity with a national-scale monitoring program

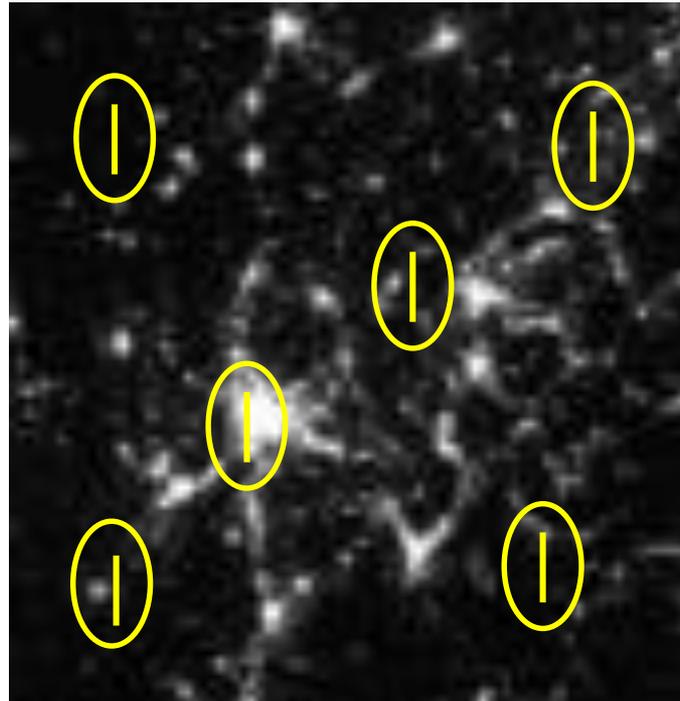
Clémentine Azam · Isabelle Le Viol · Jean-François Julien · Yves Bas · Christian Kerbiriou



Effets locaux



Effets à large échelle



Inférences à long terme de l'impact de la pollution lumineuse sur les populations

Travaux de thèse de Clémentine AZAM financement Ile de France



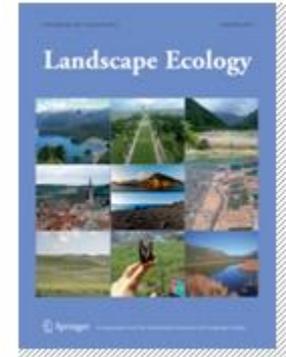
Landscape Ecol
DOI 10.1007/s10980-016-0417-3



RESEARCH ARTICLE

Disentangling the relative effect of light pollution, impervious surfaces and intensive agriculture on bat activity with a national-scale monitoring program

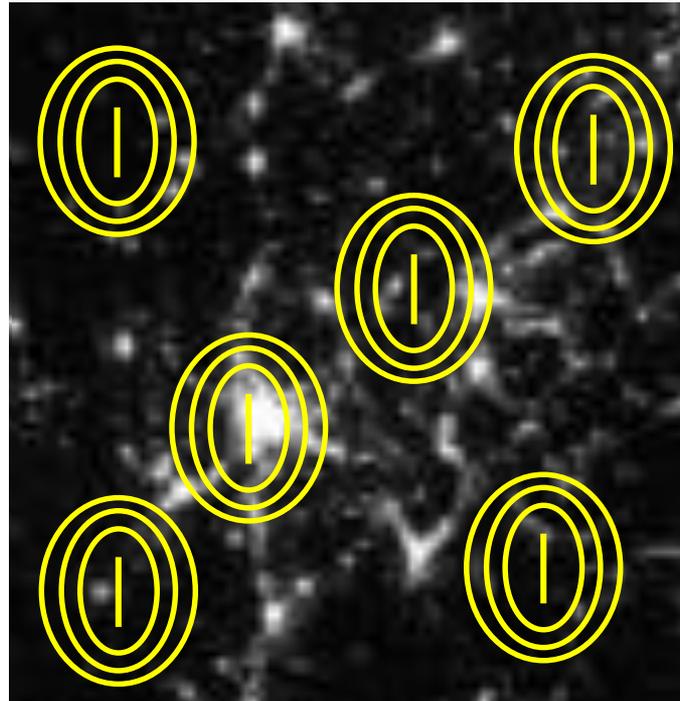
Clémentine Azam · Isabelle Le Viol · Jean-François Julien · Yves Bas · Christian Kerbiriou



Effets locaux



Effets à larges échelles



Inférences à long terme de l'impact de la pollution lumineuse sur les populations

Travaux de thèse de Clémentine AZAM financement Ile de France

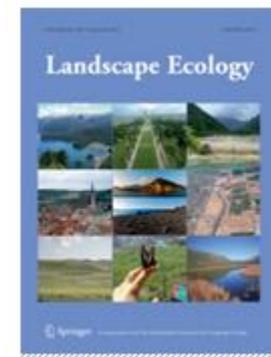
Landscape Ecol
DOI 10.1007/s10980-016-0417-3



RESEARCH ARTICLE

Disentangling the relative effect of light pollution, impervious surfaces and intensive agriculture on bat activity with a national-scale monitoring program

Clémentine Azam · Isabelle Le Viol · Jean-François Julien · Yves Bas · Christian Kerbiriou



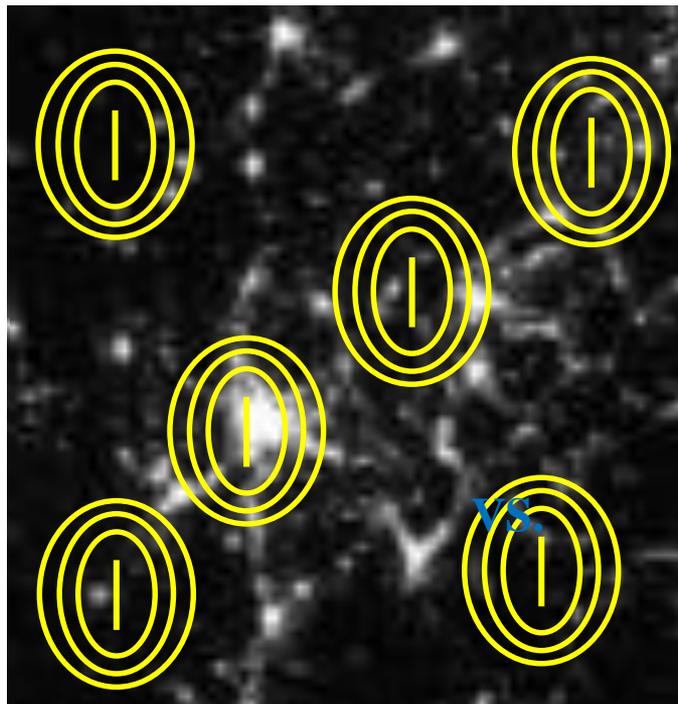
Effets locaux



Effets à larges échelles



Inférences à long terme de l'impact de la pollution lumineuse sur les populations



vs.



Travaux de thèse de Clémentine AZAM financement Ile de France

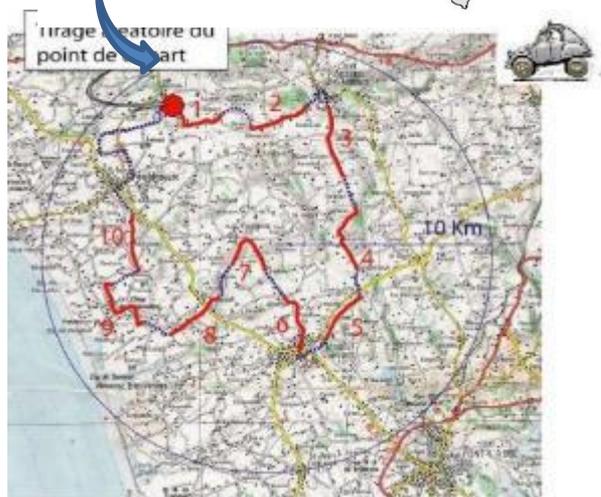
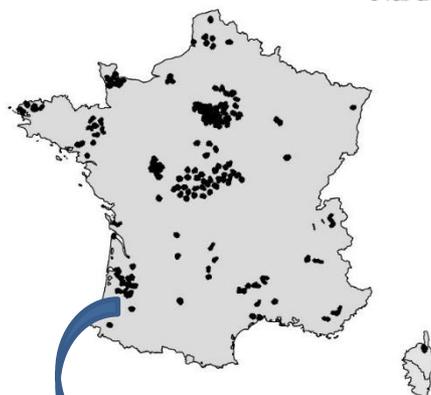
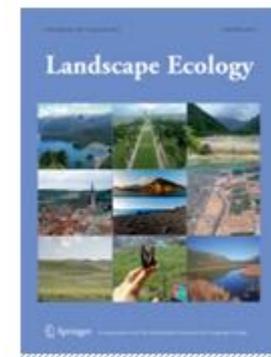
Landscape Ecol
DOI 10.1007/s10980-016-0417-3



RESEARCH ARTICLE

Disentangling the relative effect of light pollution, impervious surfaces and intensive agriculture on bat activity with a national-scale monitoring program

Clémentine Azam · Isabelle Le Viol · Jean-François Julien · Yves Bas · Christian Kerbiriou



➤ **Transect routier**

1 circuit/nuit = 10 x 2 km transects

➤ **Vitesse constant (25km/h)** pendant les enregistrements

Nombre de contact/ espèce / transect

➤ **protocole standardisé:**

Juin/Juillet, 30 min après le coucher du soleil

T > 12°C, absence de vent et de pluie

➤ De 2006 to 2013 = 3996 transects

➤ **4 espèces communes : 22 500 contacts**



© C. Rousseau

P. Pipistrellus
P. Kuhlii



© L. Arthur

E. serotinus



© L. Arthur

N. leisleri

Travaux de thèse de Clémentine AZAM financement Ile de France



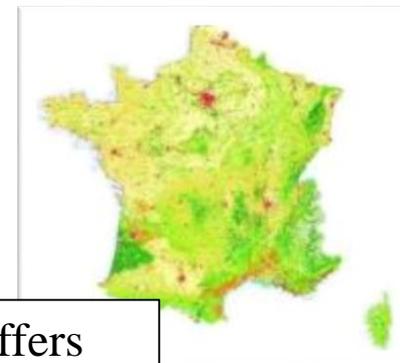
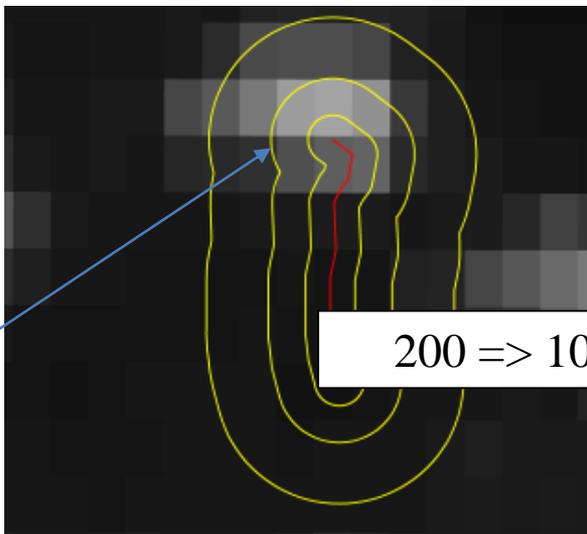
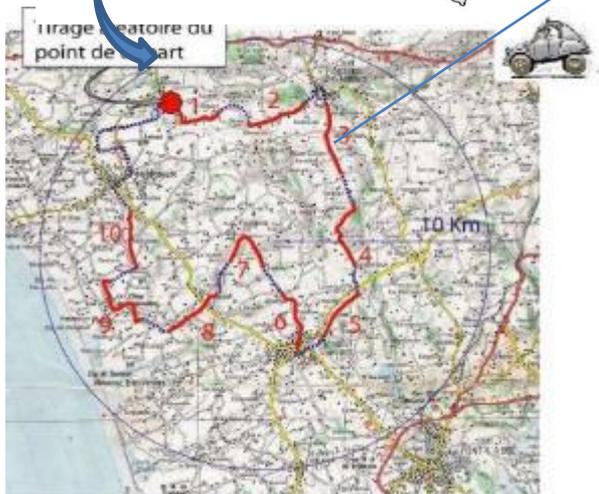
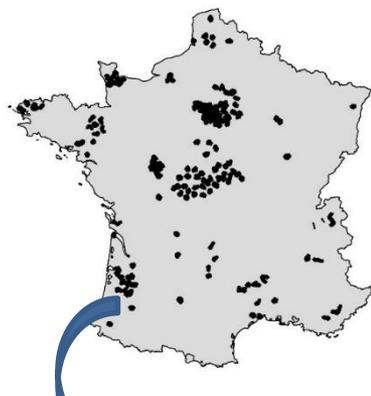
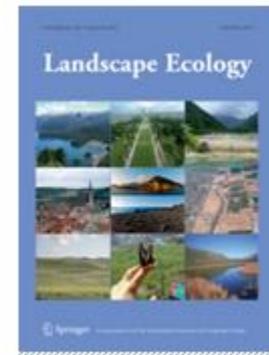
Landscape Ecol
DOI 10.1007/s10980-016-0417-3



RESEARCH ARTICLE

Disentangling the relative effect of light pollution, impervious surfaces and intensive agriculture on bat activity with a national-scale monitoring program

Clémentine Azam · Isabelle Le Viol · Jean-François Julien · Yves Bas · Christian Kerbiriou

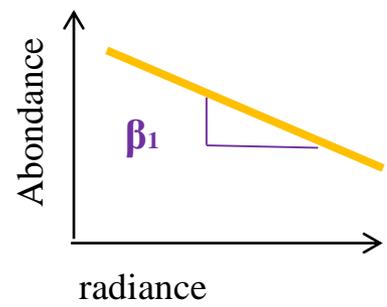
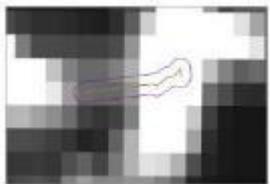


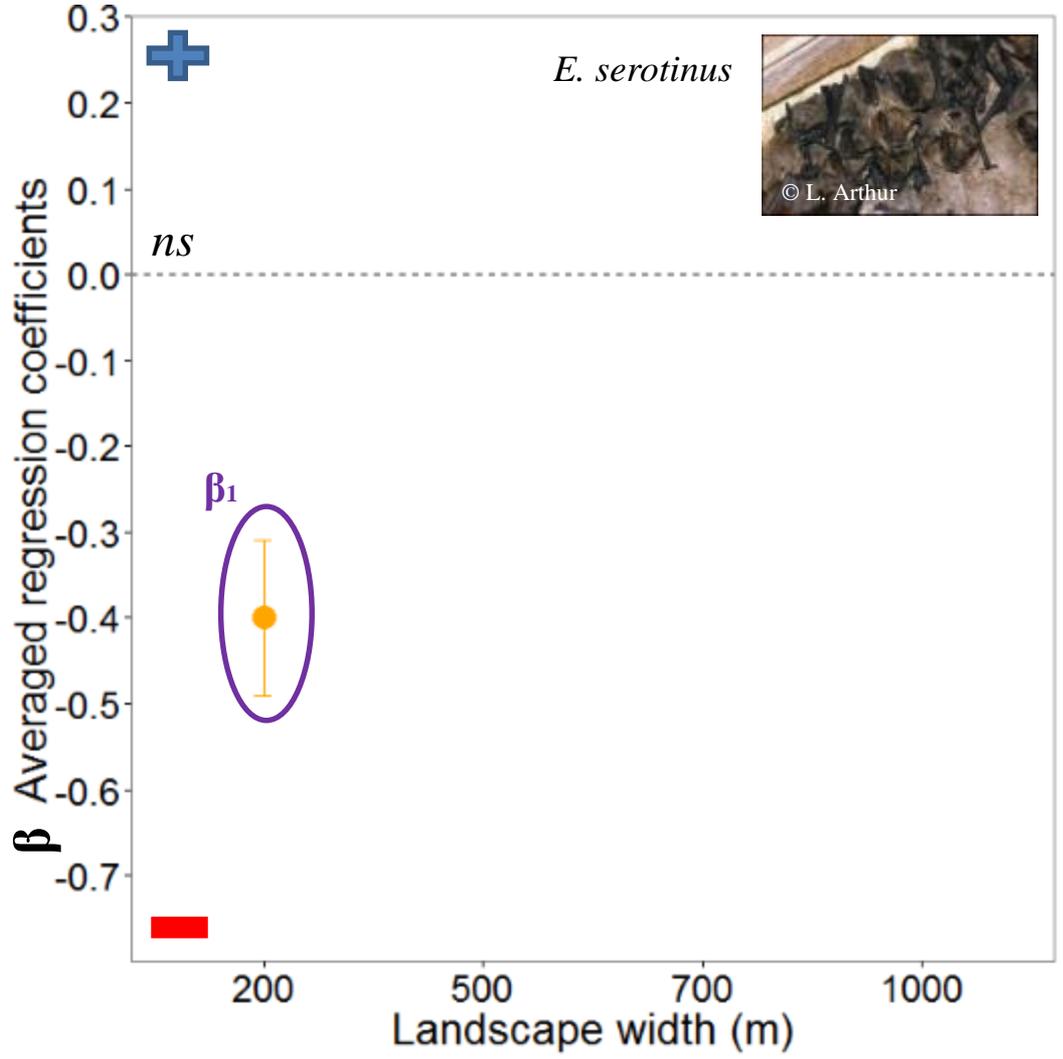
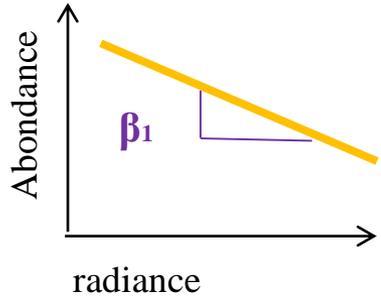
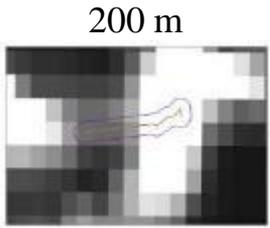
- % d'agriculture intensive
- % de surface urbanisée

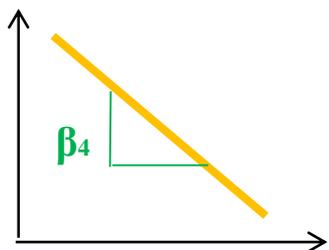
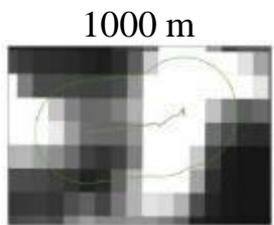
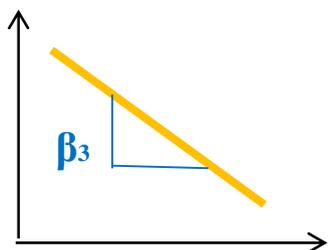
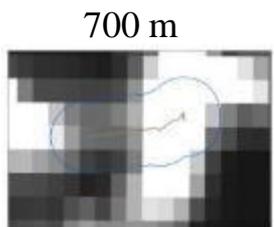
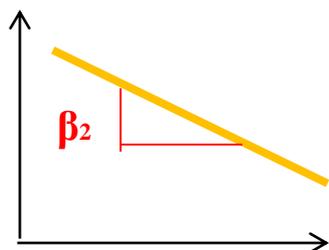
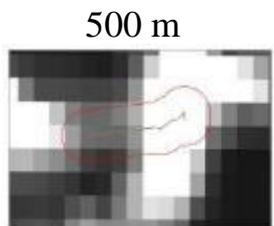
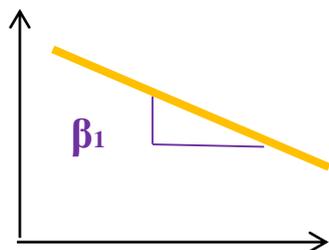
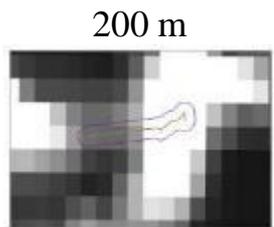


- radiance
VIIRS-DNB (2012)

200 m

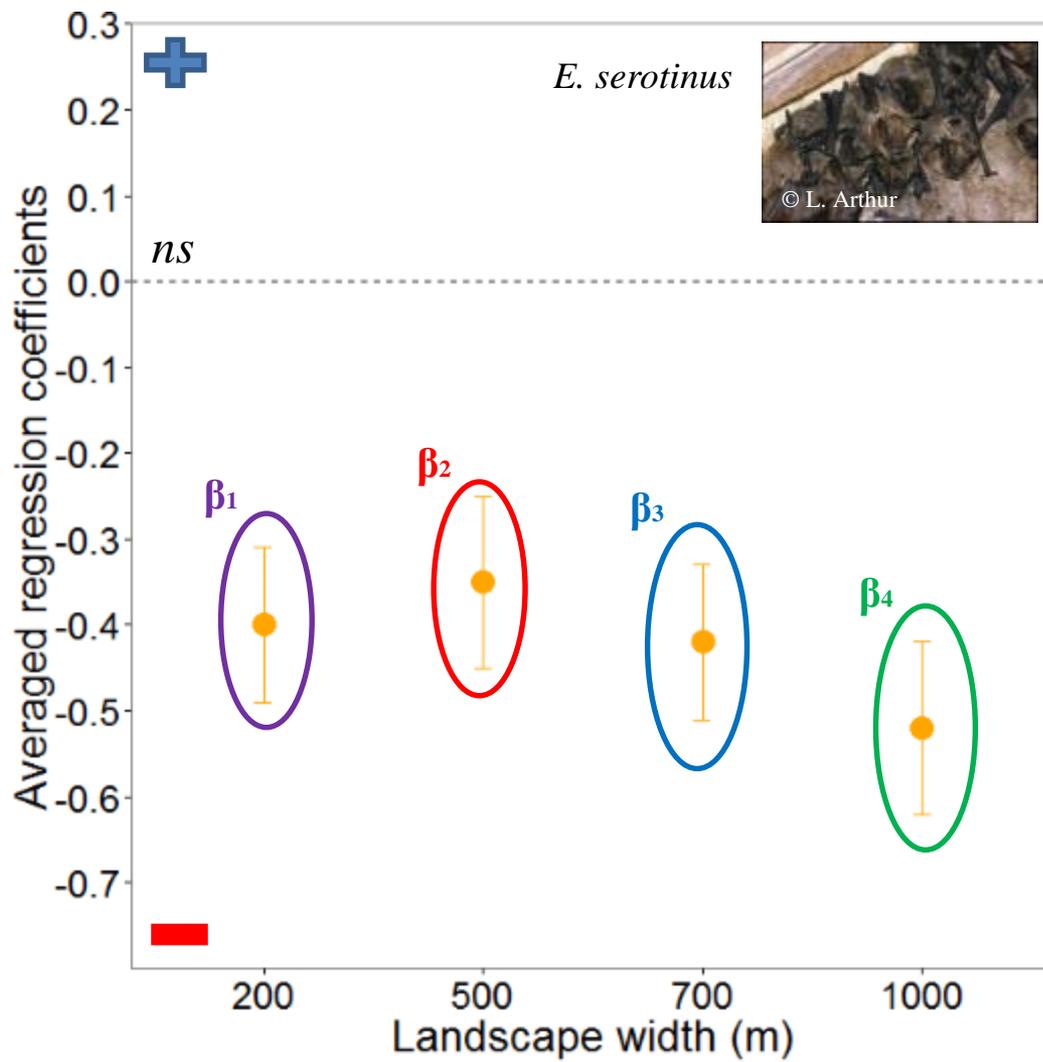




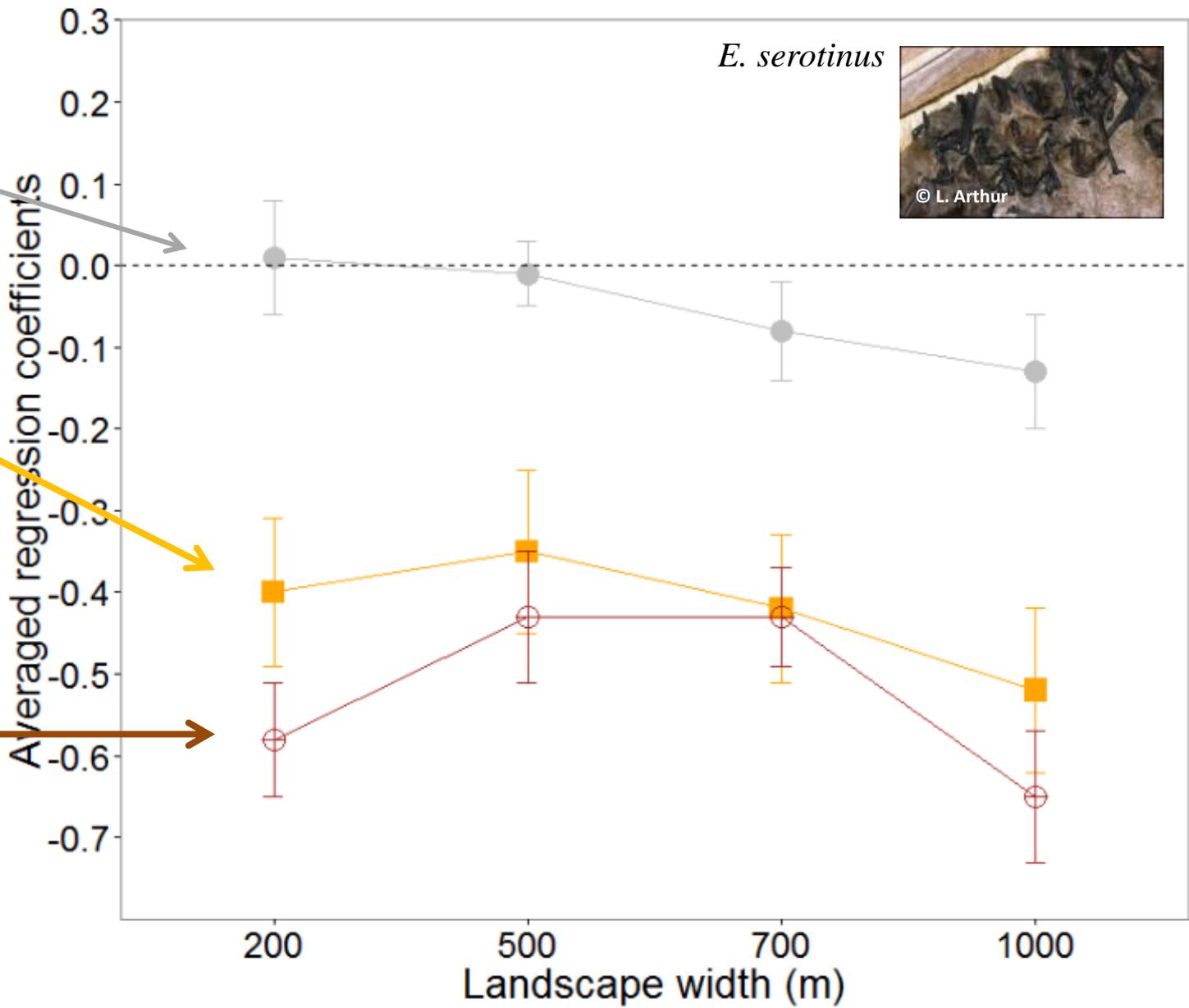


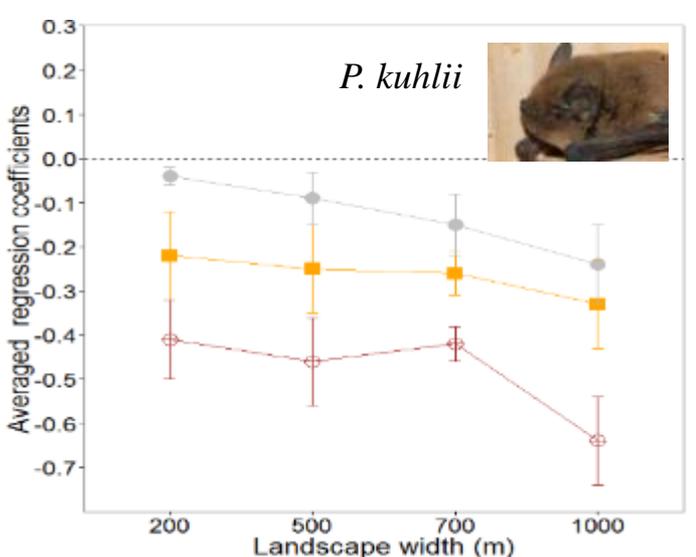
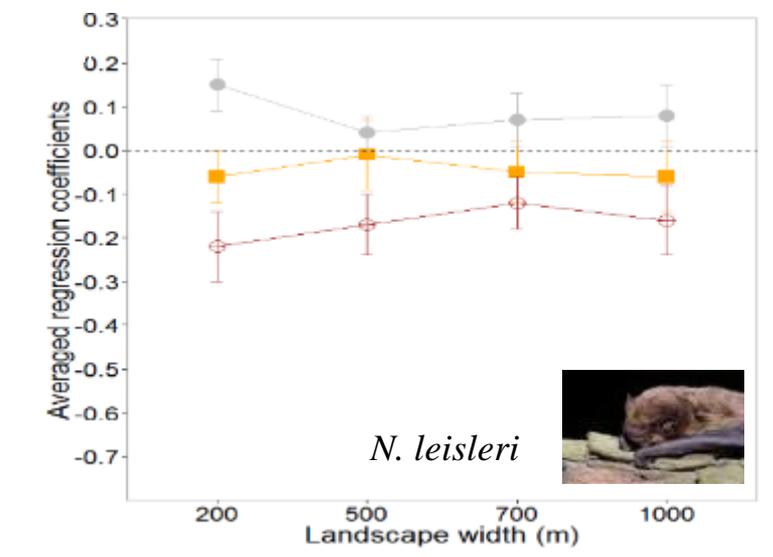
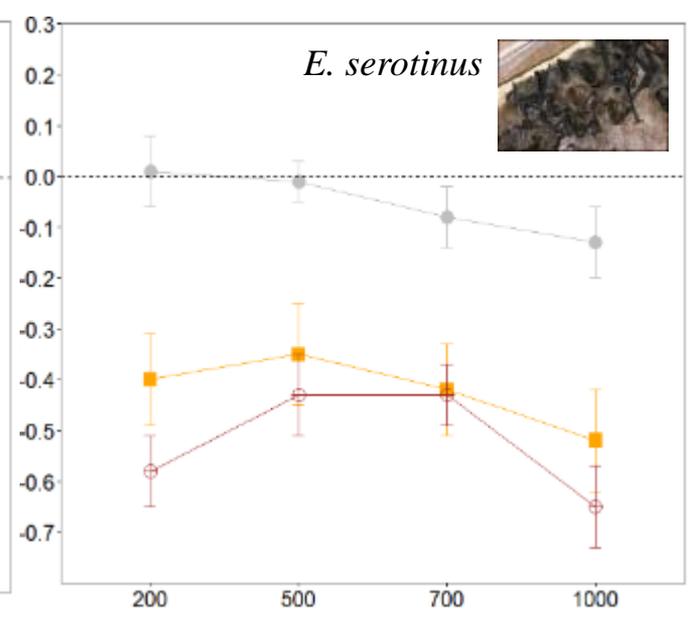
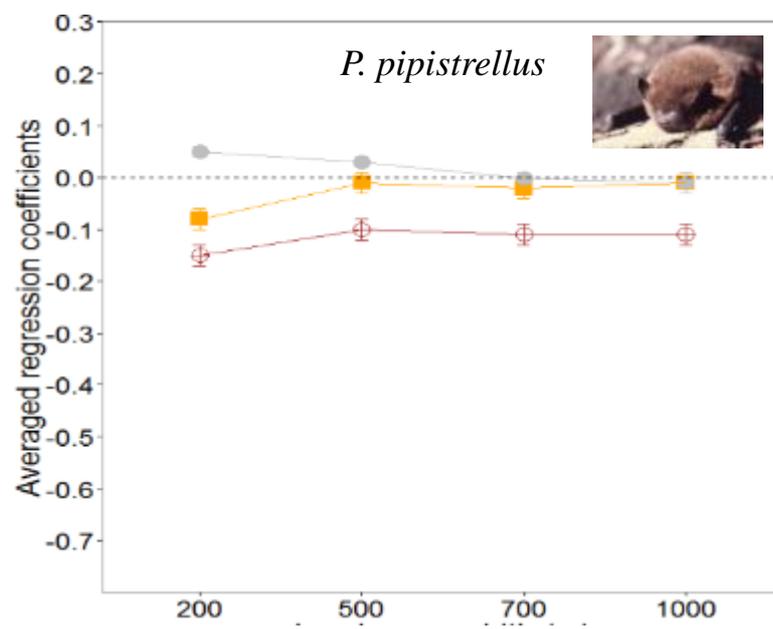
Abundance

radiance



E. serotinus





Impact de l'éclairage artificielle sur les chiroptères

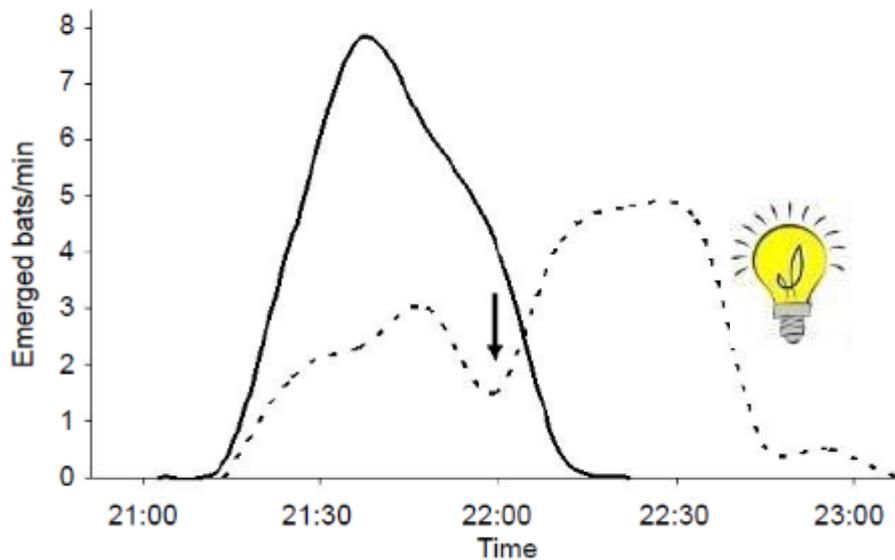
- 1. Impacts spatiaux à petite échelle*
- 2. Impacts spatiaux à large échelle*
- 3. Impact sur la phénologie*

The effects of the illumination of buildings on house-dwelling bats and its conservation consequences

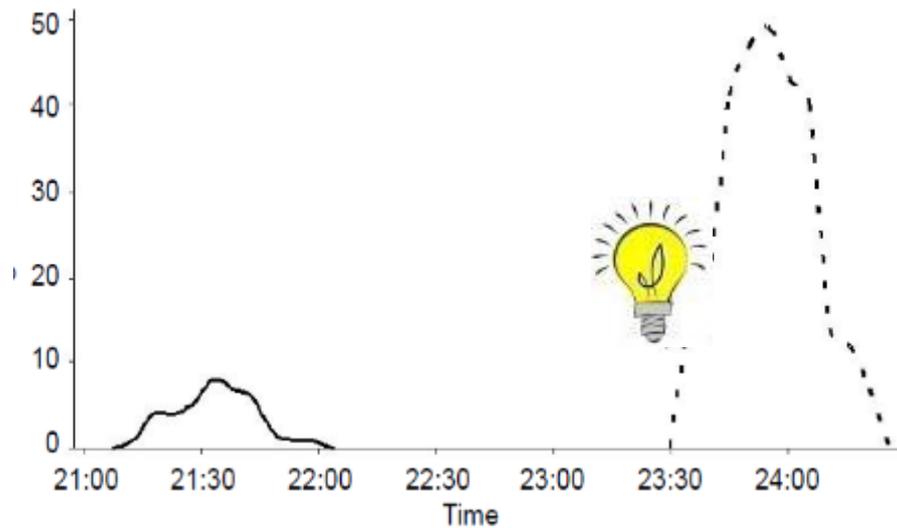
Acta Chiropterologica, 9(2): 527–534, 2007
PL ISSN 1508-1109 © Museum and Institute of Zoology PAS

SÁNDOR BOLDOGH^{1,4}, DÉNES DOBROSI², and PÉTER SAMU³

Myotis oxygnathus



Myotis emarginatus



Impact croissance des jeunes (masse et longueur de l'avant bras)

Impact de l'éclairage artificielle sur les chiroptères

- 1. Impacts spatiaux à petite échelle*
- 2. Impacts spatiaux à large échelle*
- 3. Impact sur la phénologie*
- 4. Leviers d'actions*

Impact de l'éclairage artificielle sur les chiroptères

- *Leviers d'actions*



Journal of Applied Ecology



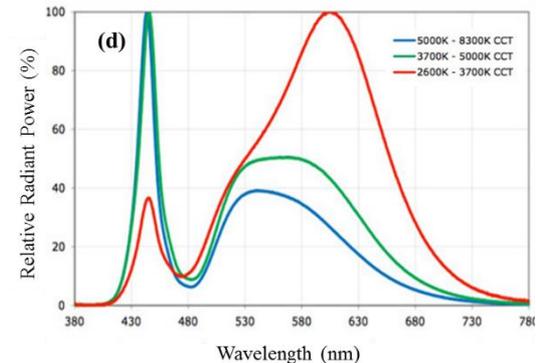
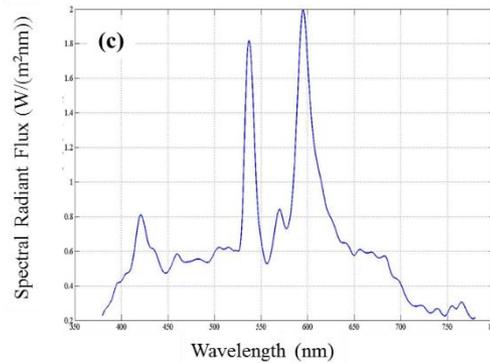
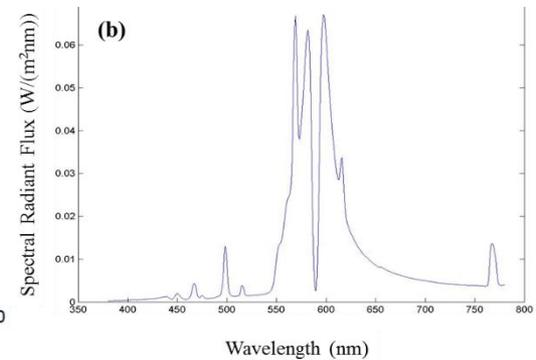
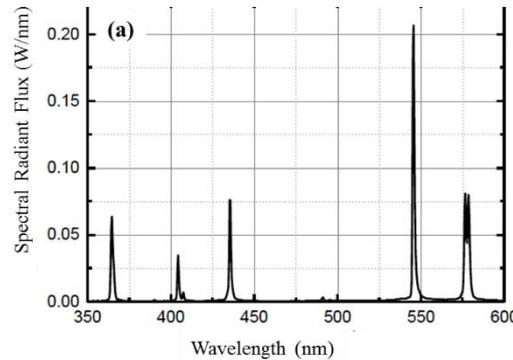
Journal of Applied Ecology 2012, 49, 1256–1266

doi: 10.1111/j.1365-3064.2012.02212.x

Reducing the ecological consequences of night-time

Impact de l'éclairage artificielle sur les chiroptères

- *Leviers d'actions : le spectre*



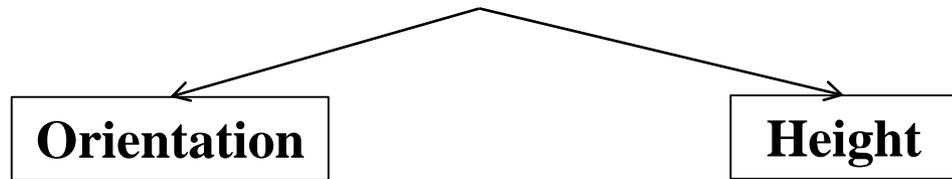
Spectre (a) High Pressure Mercury lamps, (b) High Pressure Sodium lamps, (c) Metal-Halide lamps, and (d) Light Emitting Diodes

Impact de l'éclairage artificielle sur les chiroptères

- Leviers d'actions : l'orientation



- distance d'impact
- Seuil d'intensité (0.1 lx)



(Longcore & Rich 2016)

Impact de l'éclairage artificielle sur les chiroptères

- *Leviers d'actions : la durée (extinction nocturne)*

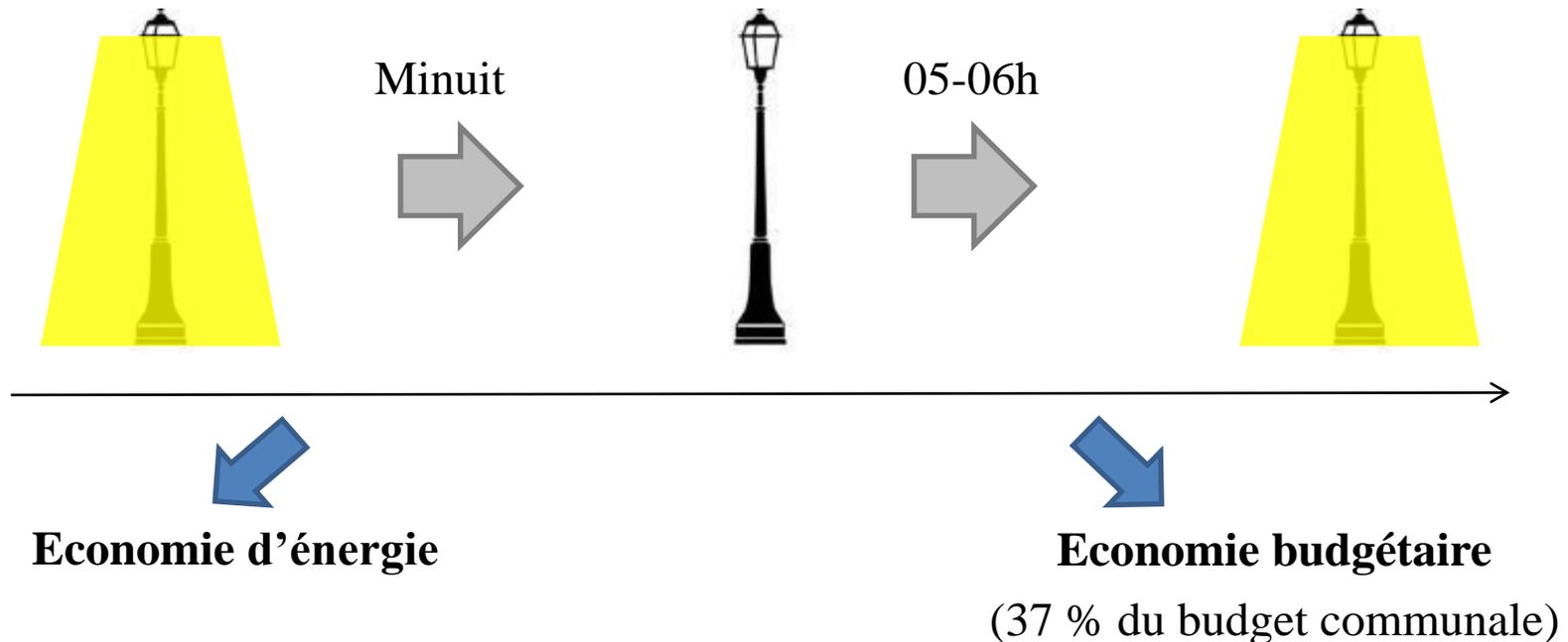
Travaux de thèse de Clémentine AZAM financement Ile de France

Global Change Biology

Global Change Biology (2015) 21, 4333–4341, doi: 10.1111/gcb.13036

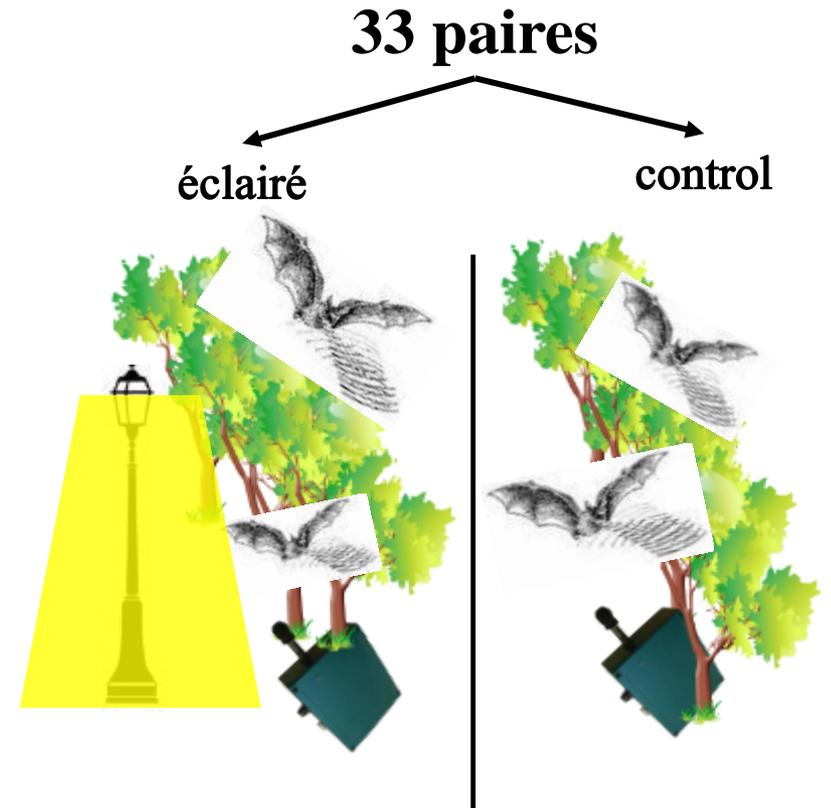
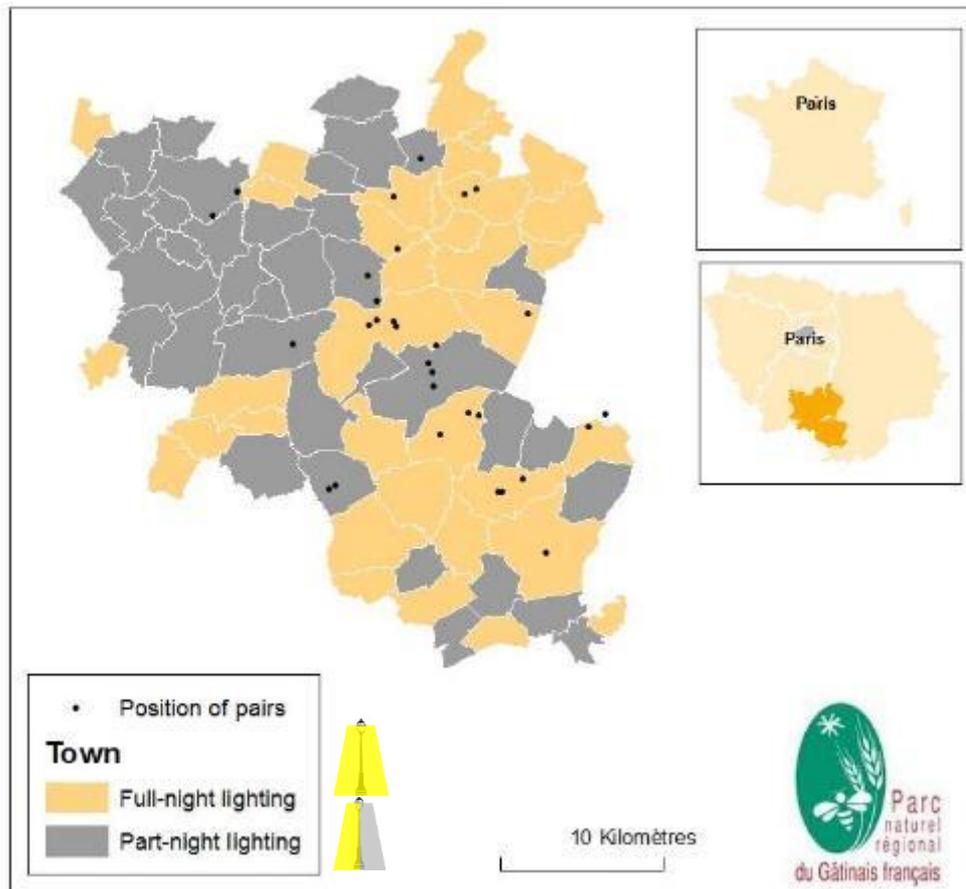
Is part-night lighting an effective measure to limit the impacts of artificial lighting on bats?

CLÉMENTINE AZAM¹, CHRISTIAN KERBIRIOU¹, ARTHUR VERNET²,
JEAN-FRANÇOIS JULIEN¹, YVES BAS¹, LAURA PLICHARD², JULIE MARATRAT² and
ISABELLE LE VIOL¹



Impact de l'éclairage artificielle sur les chiroptères

- Leviers d'actions : la durée (extinction nocturne)



➔ 36 paires = 72 sites

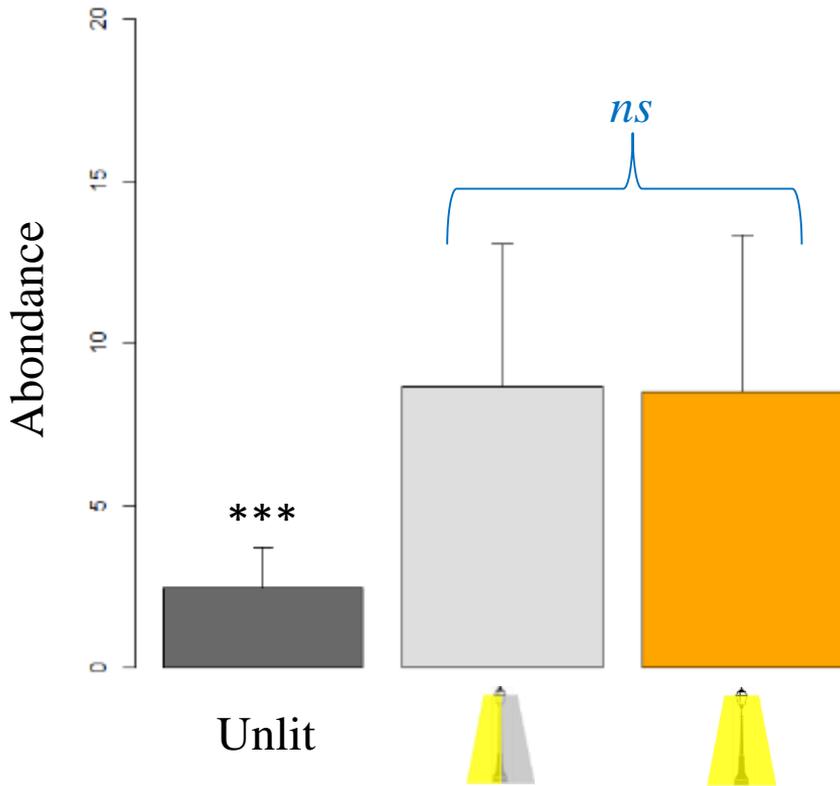
- 24 paires éclairage permanent
- 12 paires extinction partielle



Impact de l'éclairage artificielle sur les chiroptères

- *Leviers d'actions : la durée (extinction nocturne)*

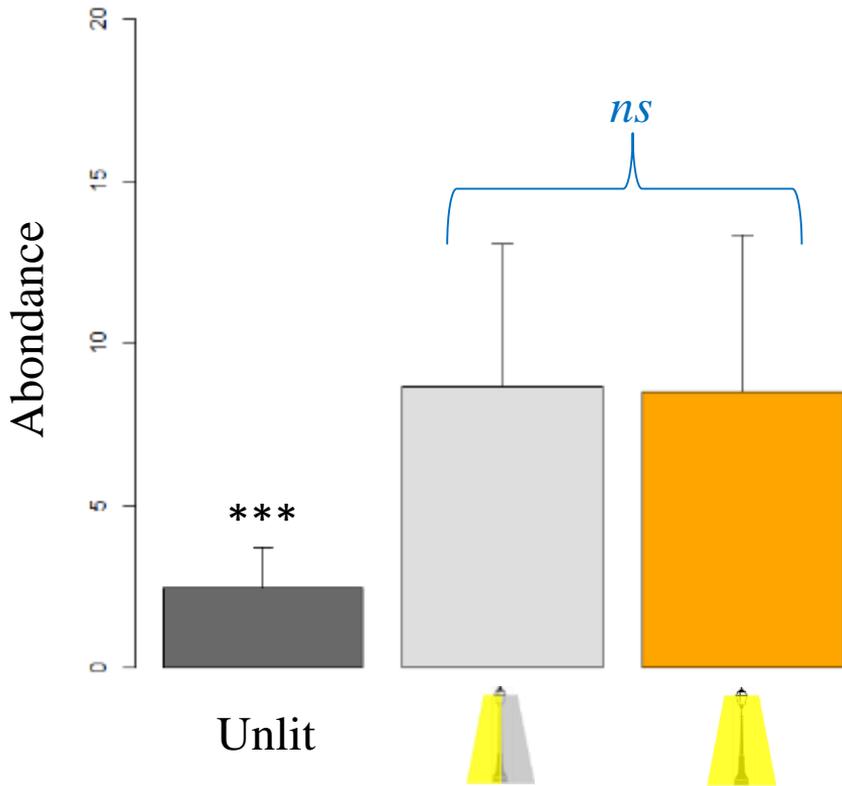
Espèces à “vol rapide”
P. pipistrellus



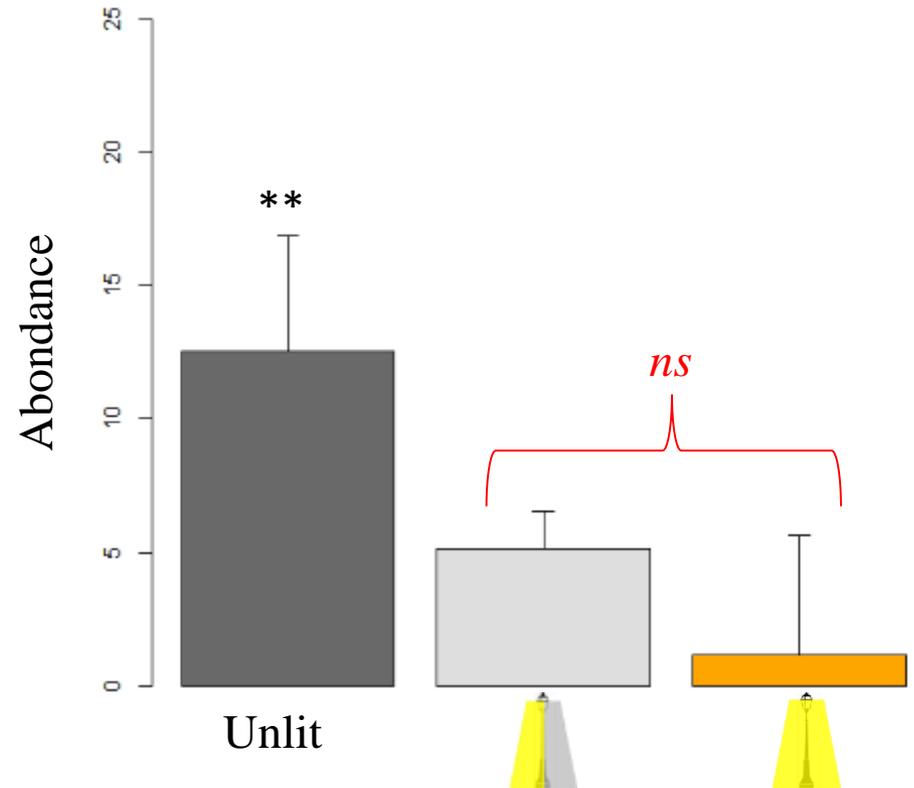
Impact de l'éclairage artificielle sur les chiroptères

- Leviers d'actions : la durée (extinction nocturne)

Espèces à “vol rapide”
P. pipistrellus



Espèces à “vol lent”
Myotis sp.



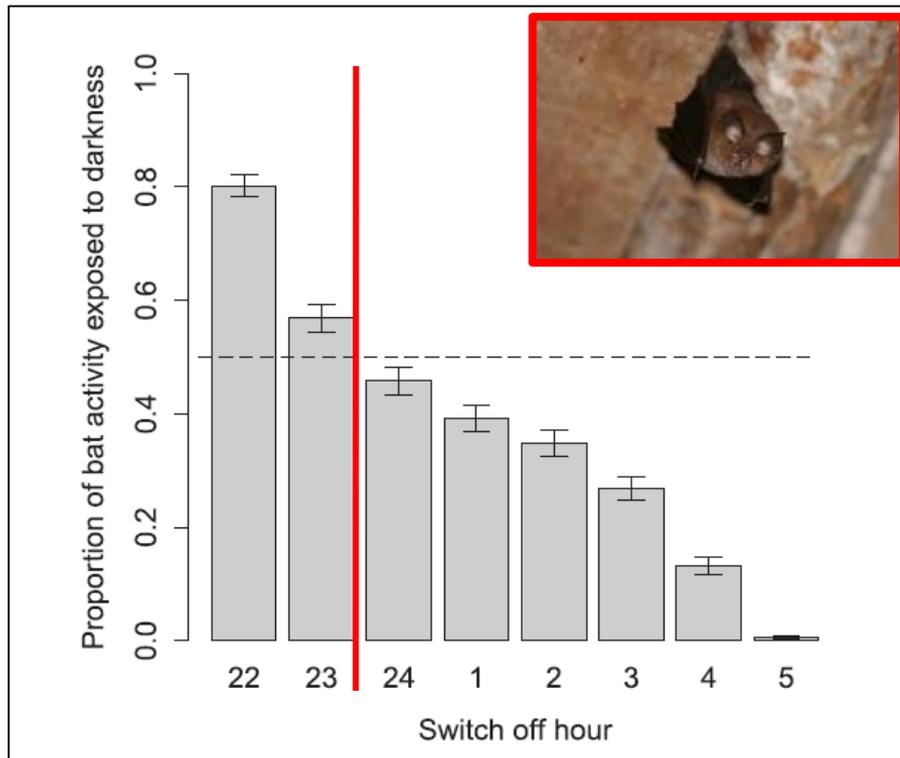
Impact de l'éclairage artificielle sur les chiroptères

- *Leviers d'actions : la durée (extinction nocturne)*

Animal Conservation

ZSL
LIVING CONSERVATION

Day J, Baker J, Schofield H, Mathews F, Gaston KJ (2015) Part-night lighting: implications for bat conservation. *Animal Conservation*, doi: 10.1111/acv.12200.



Les enjeux de réduction de l'éclairage sont en début de nuit, même pour les **espèces à vol lent**

Construire une « *Trame noire* »

Travail de thèse de Julie Pauwels



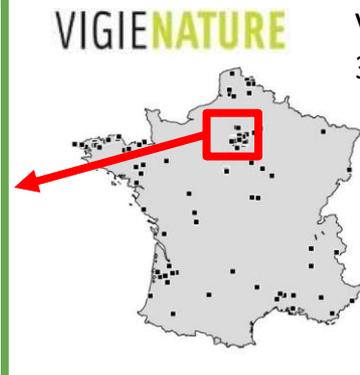
Thèse CIFRE AIRELE – MNHN

Encadrement: Nicolas Valet (AIRELE), Christian Kerbiriou (MNHN), Isabelle Le Viol (MNHN),

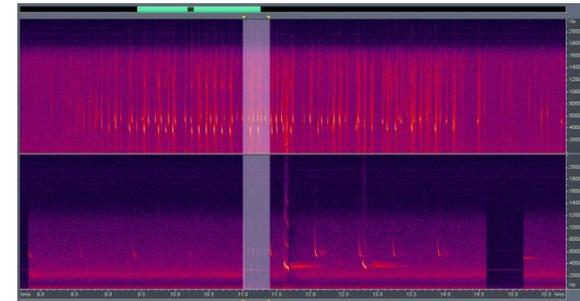
Trame noire : corridor sur lequel l'éclairage nocturne est adapté pour limiter l'impact sur la nature, sans entraver la sécurité et le confort des activités humaines

Construction d'une méthodologie

1^{ère} étape: modéliser l'activité des chauves-souris

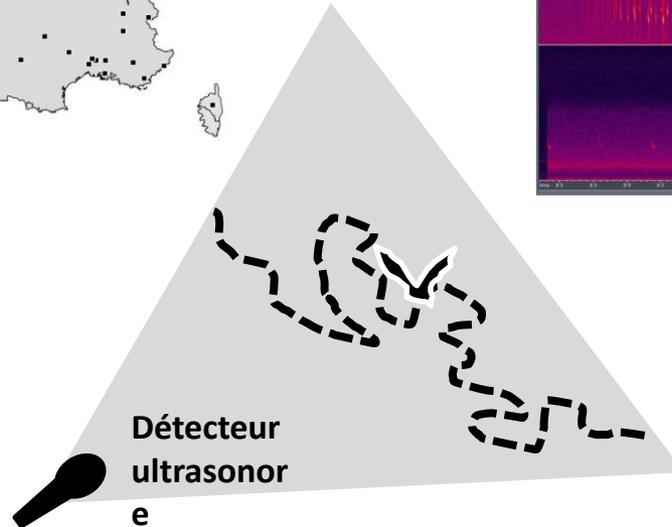


Vigie-chiro, programme de science participative
3 protocoles : ici mobilisations du protocole « pédestre »



Mesures ponctuelles de l'activité des chauves souris

- 6 minutes d'enregistrements
- 6 ans (2008-2013)
- *Pipistrellus pipistrellus*
- + 900 échantillons répartis sur 285 points



Construction d'une méthodologie

1^{ère} étape: modéliser l'activité des chauves-souris



Mesures ponctuelles de l'activité des chauves souris

- 6 minutes d'enregistrements
- 6 ans (2008-2013)
- *Pipistrellus pipistrellus*
- + 900 échantillons répartis sur 285 points

~



Variables environnementales

- Végétation
- Eau (distances milieux aquatiques)
- Bâtiments
- Routes

Construction d'une méthodologie

1^{ère} étape: modéliser l'activité des chauves-souris



Mesures ponctuelles de l'activité des chauves souris

- 6 minutes d'enregistrements
- 6 ans (2008-2013)
- *Pipistrellus pipistrellus*
- + 900 échantillons répartis sur 285 points

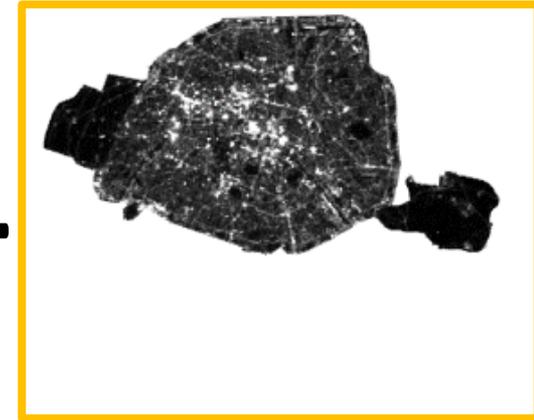
~



Variables environnementales

- Végétation
- Eau (distances milieux aquatiques)
- Bâtiments
- Routes

+



L'éclairage artificiel

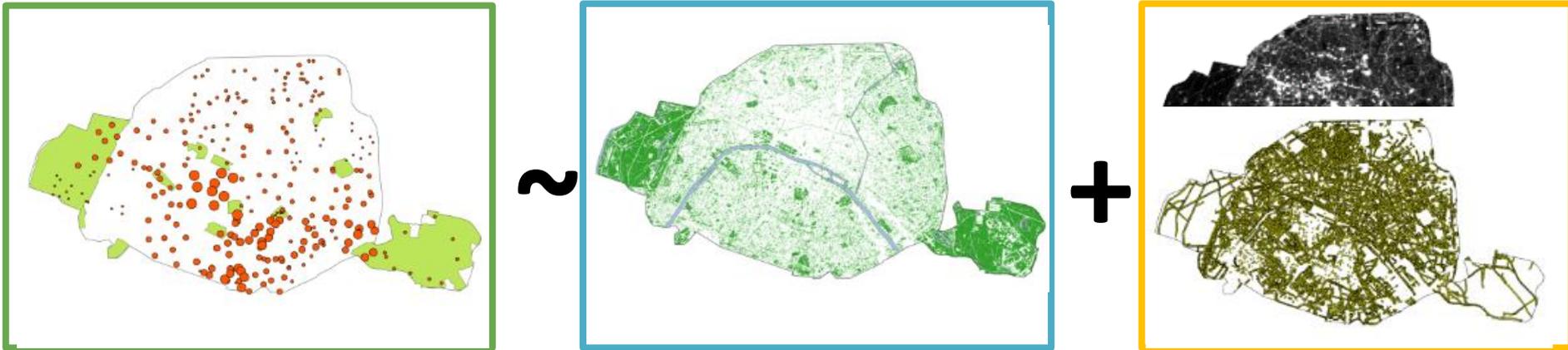
- Image satellite

Photos hautes résolutions



Construction d'une méthodologie

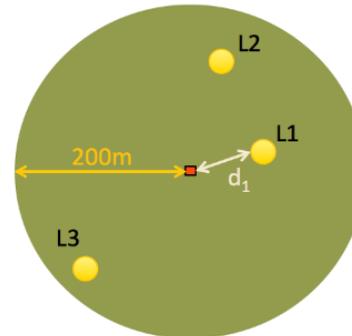
1^{ère} étape: modéliser l'activité des chauves-souris



• Variables lumière :

- Nombre de lampadaire dans un rayon de 200m
- Distance au lampadaire le plus proche
- Log-distance au lampadaire le plus proche
- « Intensité » :

$$I = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{1}{d_i}$$



L'éclairage artificiel

- Image satellite
- Plan de l'éclairage urbain

Construction d'une méthodologie

1^{ère} étape: modéliser l'activité des chauves-souris



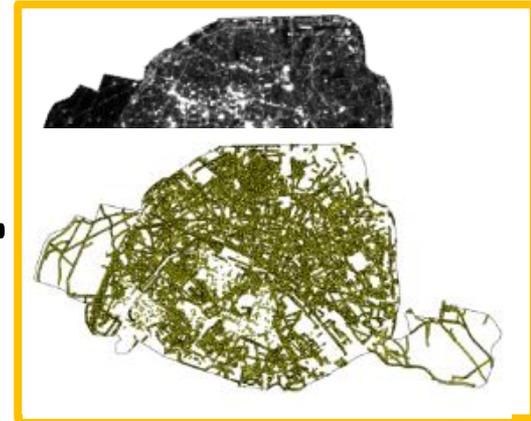
Mesures ponctuelles de l'activité des chauves souris

~



Variables environnementales

+



L'éclairage artificiel

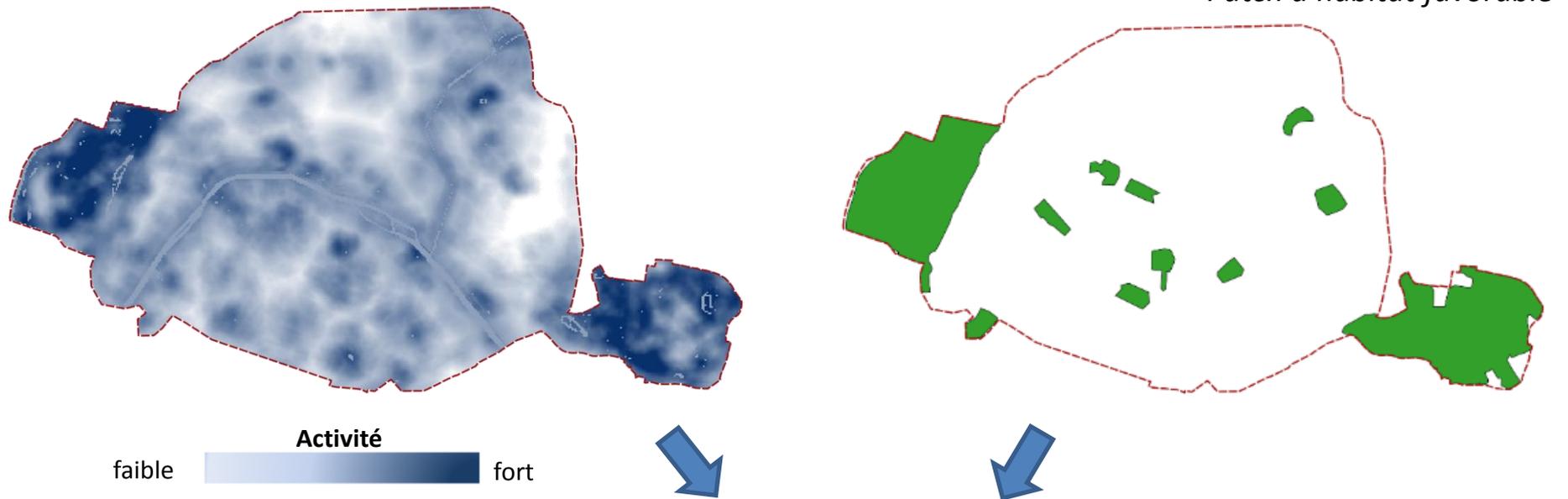
→ Utilisation de modèle linéaires

Objectif prédire l'abondance sur l'ensemble du territoire étudié

Construction d'une méthodologie

1^{ère} étape: modéliser l'activité des chauves-souris

2^{ème} étape: modéliser les connectivités

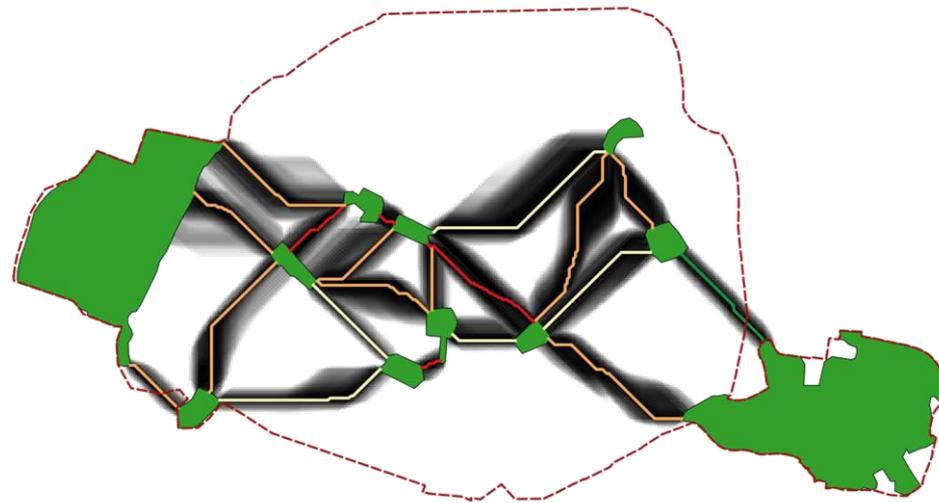


→ Utilisation de la méthode des chemins des moindre coûts

Construction d'une méthodologie

1^{ère} étape: modéliser l'activité des chauves-souris

2^{ème} étape: modéliser les connectivités



Cost of movement in a corridor

Low  High

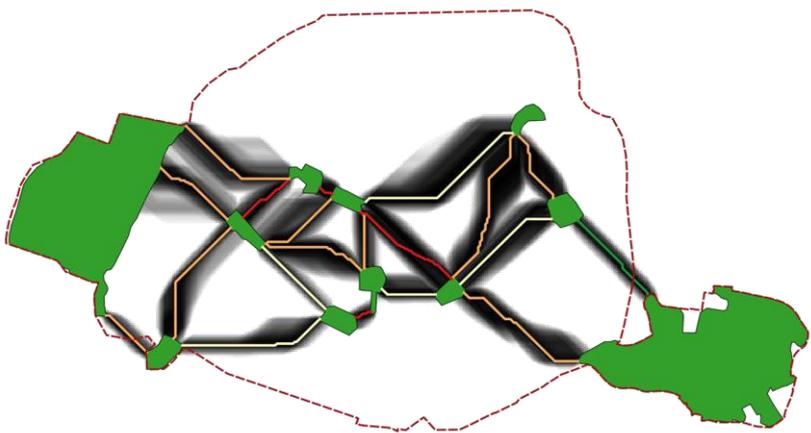
Cost of a given least cost path

Low  High

→ Utilisation de la méthode des chemins des moindres coûts

→ **Objectif prédire les liaisons entre « patch » d'habitat**

Comment inscrire durablement une trame noire dans le territoire ?



Modèle scientifique



Eclairage dense

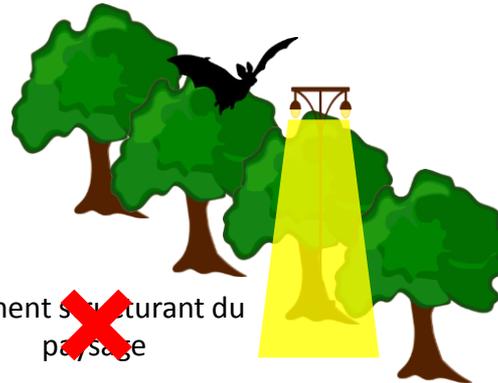
Comment inscrire durablement une trame noire dans le territoire ?

Habitat favorable



Quelle connectivité du paysage pour les chiroptères ?

La pollution lumineuse cause une **fragmentation** et **perte d'habitat**



~~Habitat favorable~~



- 1) Prendre en considération les trames noires dans les schémas directeurs de mise en valeur des communes (accompagner les éclairagistes, les communes...)
- 2) Intégrer les Trames noires aux Trames Vertes et Bleues

Comment inscrire durablement une trame noire dans le territoire ?

3) Nécessité de travailler sur les points de conflits
= « obstacles » à ces continuités



Comment inscrire durablement une trame noire dans le territoire ?

4) Définir un plan d'actions



Comment inscrire durablement une trame noire dans le territoire ?

4) Définir un plan d'actions

- Modéliser une trame noire
- Caractériser les points de conflits avec précision
- Connaître les modalités d'usage du territoire par les habitants (routes, parcs urbains, cimetières, ZAC...)
- Elaborer des scénarii avec les éclairagistes pour voir comment répondent les modélisations des trames noires (chemins des moindre coûts)
- Croiser les éléments biologiques avec l'usage du territoire pour ensuite pouvoir hiérarchiser les interventions sur la lumière artificielle
- Emettre des préconisations de gestion de la lumière dans (et en dehors) des trames noires

Comment inscrire durablement une trame noire dans le territoire ?

5) Préconisations

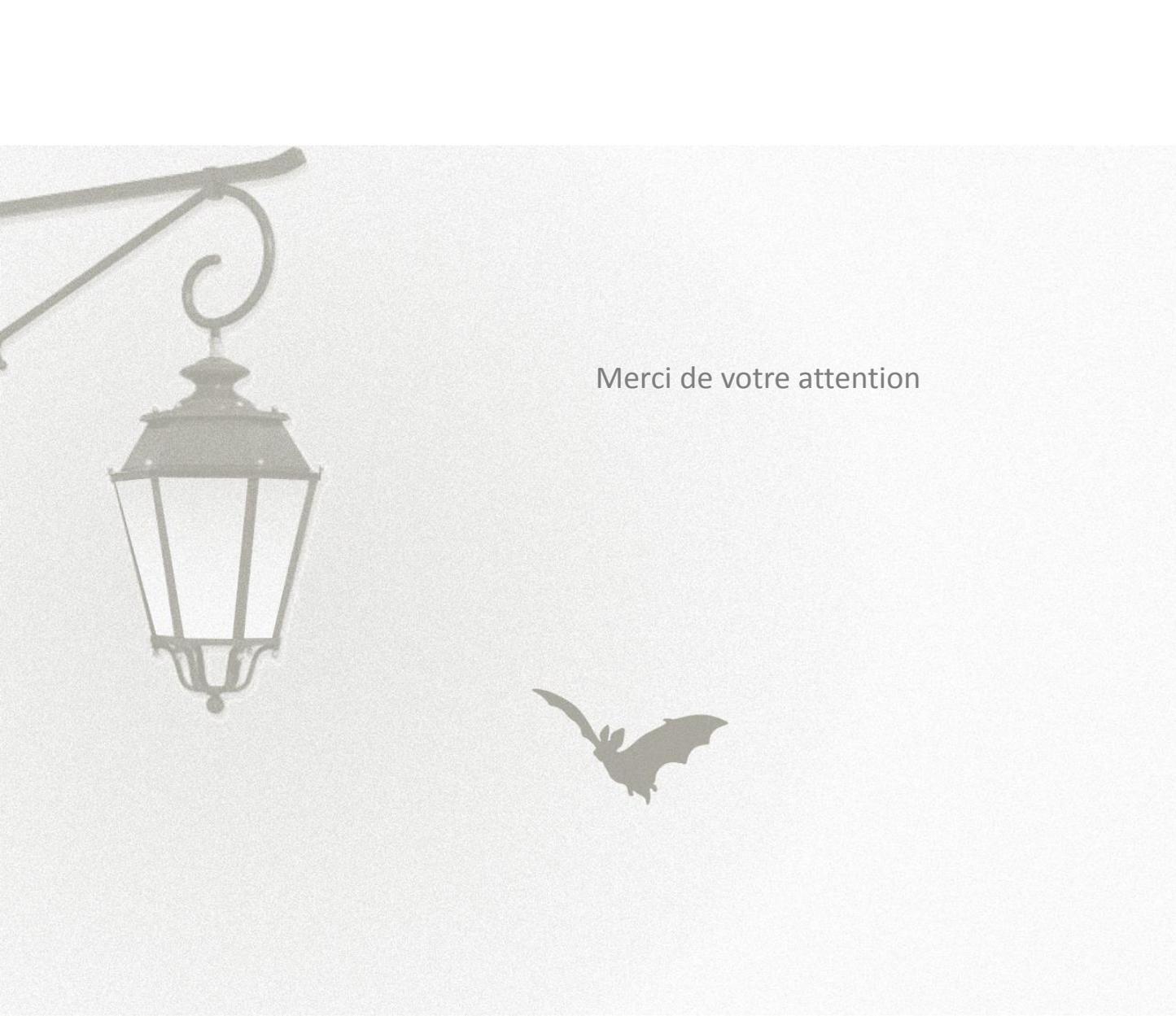
- Opportunités d'éclairer : oui/non? Toute la nuit ?
- Direction de l'éclairage : bien maîtriser le flux lumineux pour ne pas « étaler » la lumière et diminuer la variable appelée ULOR (part de lumière renvoyée au dessus de l'horizontal)
- Longueur d'onde de la lumière : ne pas émettre dans le bleu et les ultra-violets, privilégier des ampoules à spectres étroits qui émettent plutôt dans l'ambre
- Intensité lumineuse : privilégier un niveau d'éclairement faible
- Thèse de Julie PAUWELS : Suivre les résultats à venir...

Comment inscrire durablement une trame noire dans le territoire ?

5) Thèse de Julie PAUWELS (octobre 2015 à octobre 2018)

Les recherches développées s'articulent autour des 3 axes suivants :

- **Axe 1 : Comment spatialiser les impacts potentiels de l'éclairage public sur un territoire ?**
- **Axe 2 : sur quels paramètres lumineux agir pour réduire les impacts de l'éclairage public sur la faune nocturne ?**
- **Axe 3 : quelles stratégies globales pour réduire les impacts écologiques de l'éclairage nocturne à l'échelle des territoires ?**



Merci de votre attention

Christian KERBIRIOU

Maître de Conférence Université Pierre et Marie Curie

CERSP UMR 7204 MNHN-UPMC-CNRS
Muséum National d'Histoire Naturelle
61 rue Buffon
75005 Paris

Tel : 00 33 (0)1 40 79 38 31

<http://www2.mnhn.fr/cersp/spip.php?rubrique13>

Nicolas VALET

Ingénieur écologue

Responsable du Département Biodiversité

Bureau d'études AUDDICE Environnement – AIRELE
ZAC du Chevalement

5 rue des Molettes

59286 ROOST-WARENDIN

Tel : 03.27.97.36.39 – 06.32.11.23.63

www.auddice.com



MUSÉUM
NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

