

1<sup>ère</sup> édition **RENCONTRES  
BIODIVERSITÉ  
& TERRITOIRES**

12 & 13 décembre 2023

Sud de France Arena  
Montpellier

# Agir contre la pollution lumineuse : sobriété lumineuse et Trame noire

Forum Ouvert

Eurométropole et Ville de Strasbourg

Montpellier Méditerranée Métropole

Animateurs : Fabien PAQUIER (OFB) & Stéphane Jaulin (OPIE)



## Objectifs de l'atelier

- Comprendre les impacts de la pollution lumineuse sur la biodiversité, et notamment sur les insectes.
- Comprendre l'importance d'avoir une approche globale en matière de lutte contre la pollution lumineuse et ce qu'ajoute la démarche de Trame noire.
- Réfléchir aux leviers d'action à travers des exemples de bonnes pratiques sur différents territoires.
- Susciter des envies de se lancer dans ce type de démarche.

## Le déroulé de votre atelier

Introduction et contexte Fabien Paquier (OFB) et Stéphane Jaulin (OPIE)

Durée : 15 min

Retour d'expérience de l'Eurométropole et de la Ville de Strasbourg - Adine Hector

Durée : 15 min

Retour d'expérience de Montpellier Méditerranée Métropole - Bruno Paternot

Durée : 15 min

Trame noire de Montpellier et focus sur les insectes - Stéphane Jaulin

Durée : 10 min

Travaux de groupe

Durée : 30 min

Conclusion

Durée : 5 min

# Impacts de la lumière artificielle sur la biodiversité



©2011 EUMETSAT



© JC Tramasure



© Philippe Massit OFB



© Stéphane Beillard OFB



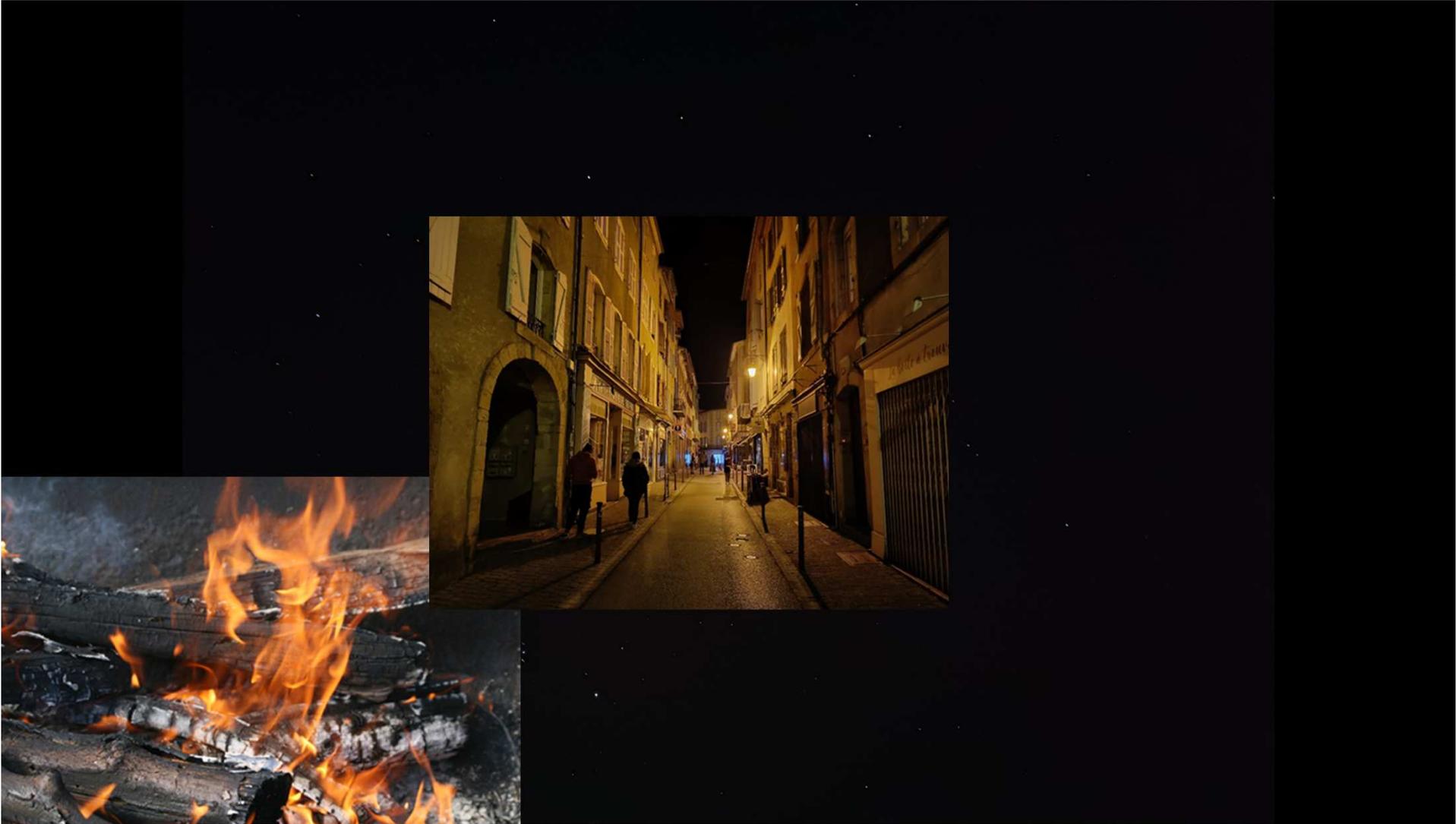
© Philippe Massit OFB

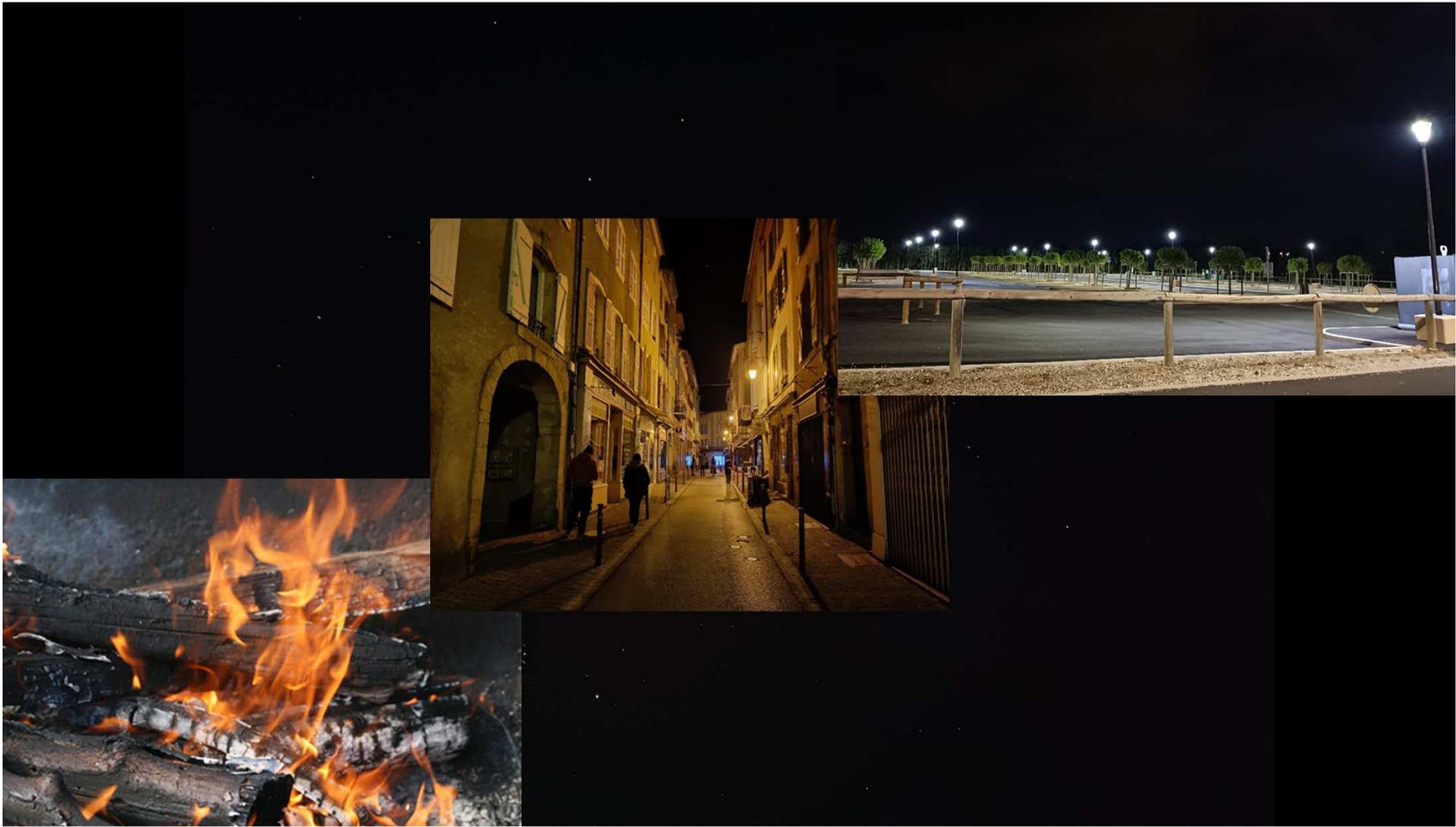


©2011 EUMET











© JC Tramasure



© Philippe Massit OFB



© Stéphane Beillard OFB



© Philippe Massit OFB





© Thomas Pesquet



**15% de surface en moins d'obscurité**  
entre 1992 et 2010 en Europe, y compris  
dans les aires protégées (*Gaston et al.,*  
*2015*)

De 2012 à 2016 dans le monde :  
+ 2.2%/an de surface éclairée

## Niveau de pollution lumineuse en France métropolitaine



**Luminance zénithale** (mag/arcsec<sup>2</sup>)  
en cœur de nuit par temps clair et sans lune

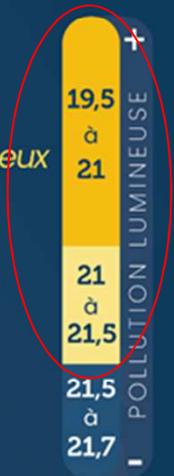
**Visibilité de la Voie lactée**

- Invisible
- Presque invisible
- A peine visible
- Visible au zénith
- Affaiblie à l'horizon
- Quelques détails
- Nombreux détails
- Très détaillée

**Échelle de luminosité**

- Très brillant
- Brillant
- Fortement lumineux
- Lumineux
- Peu sombre
- Assez sombre
- Sombre
- Très sombre

85 %



# Impact de la lumière artificielle sur les insectes

**Stéphane Jaulin**  
Responsable de l'antenne Occitanie



# La pollution lumineuse : une menace pour la biodiversité

## Insectes = 75% des espèces animales

De nombreux effets chez les espèces plus ou moins important selon les spectres lumineux

Types d'impacts par plage de longueur d'onde pour chaque groupe biologique 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								
Crustacés								
Arachnides								
<b>Insectes</b>								
Amphibiens								
Oiseaux								
Poissons								
Mammifères (hors chauves-souris)								
Chiroptères								
Reptiles								

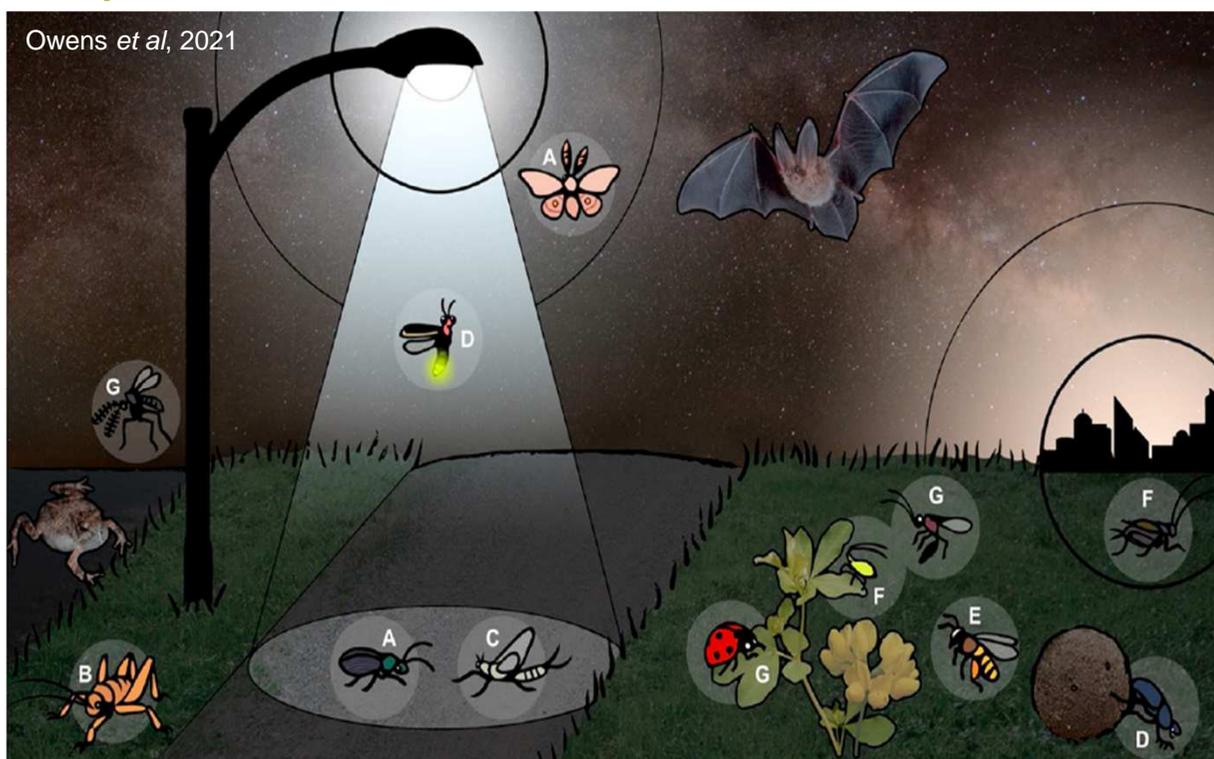
➔ Les insectes impactés par différentes longueurs d'onde

Légende :  1 type d'impact  2 types d'impacts  3 types d'impacts  4 types d'impacts



# La pollution lumineuse : une menace pour les insectes

Espèces nocturnes : 40% des vertébrés et 60% des invertébrés



## 2 sources de pollution lumineuse

éclairage direct et halo des villes  
avec un impact sur la physiologie, le comportement,  
et la condition physique des insectes.

(A) Attraction fatale chez les papillons et les  
coléoptères.

(B) Evitement chez les sauterelles.

## ➡ perturbation des déplacements

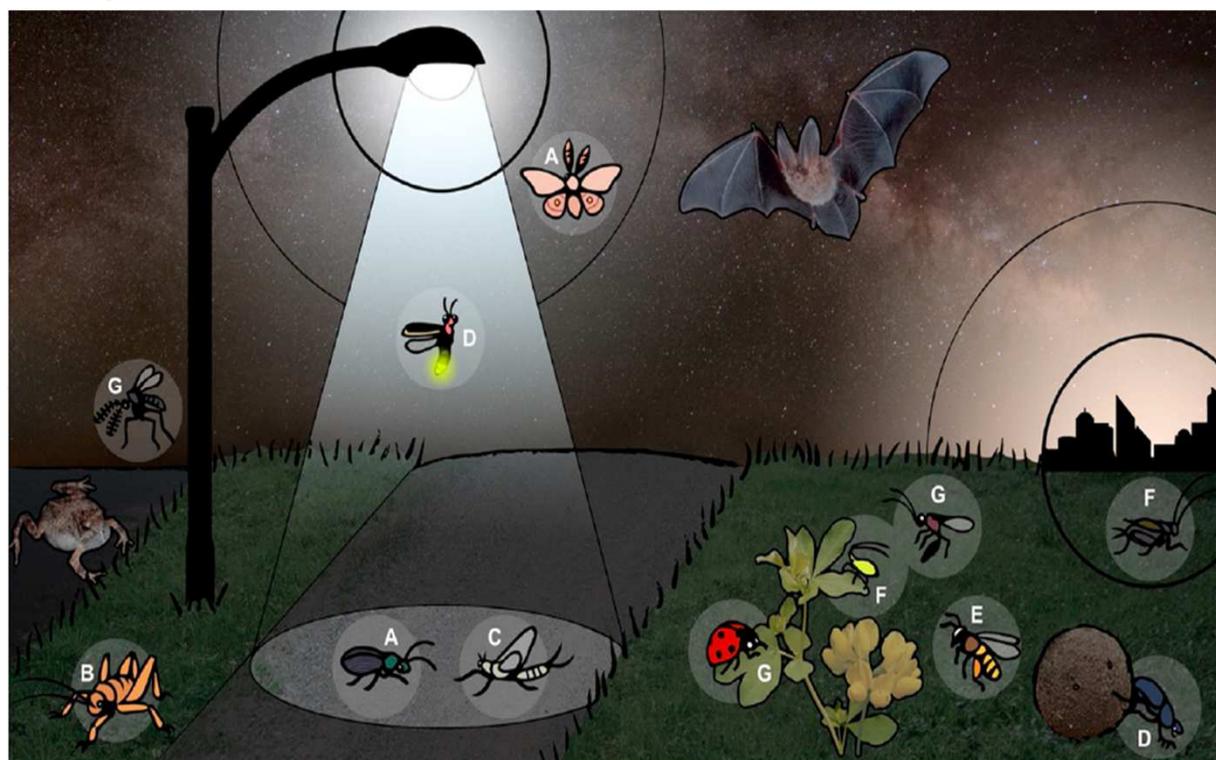
(C) Amplification de la lumière polarisée provoquant  
chez les insectes aquatiques la ponte sur des  
surfaces planes sans eau.

(D) Concurrence des sources de lumière naturelle  
nocturne : indices astronomiques utilisés par les  
bousiers pour naviguer et signaux bioluminescents  
produits par lucioles et autres insectes.

## ➡ perturbations pour la recherche de nourriture et la reproduction

# La pollution lumineuse : une menace pour les insectes

Espèces nocturnes : 40% des vertébrés et 60% des invertébrés



(E) Modification du rythme circadien (schémas d'activité et de repos) des pollinisateurs et des insectivores diurnes prolongés pour leur recherche de nourriture ou retard de l'émergence des insectes entièrement nocturnes.

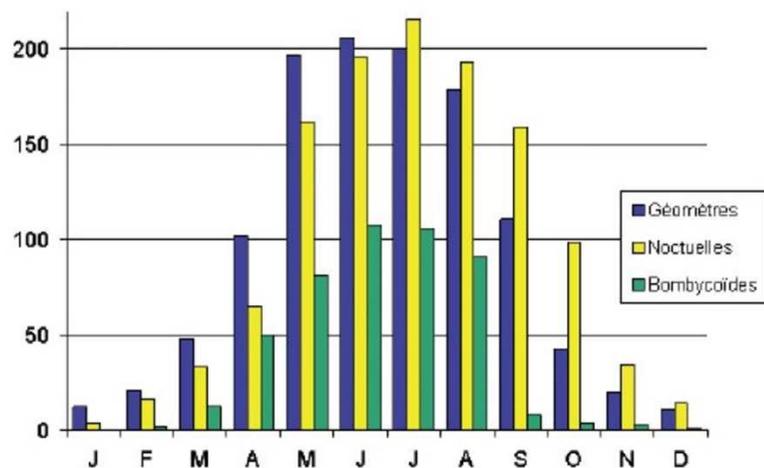
(F) Perturbation sur le développement et phénologie des grillons et des pucerons.

(G) Effets en cascade sur le succès de la pollinisation, les interactions hôte-parasite liés aux inadéquations phénologiques entre les plantes hôtes, les prédateurs et les proies

➡ Perturbation des réseaux trophiques entiers.

## Le cas des papillons nocturnes

Près de 5000 espèces en France métropolitaine, réparties dans tous les milieux terrestres



Nombre d'espèces en vol



- ➡ Une présence toute l'année avec moins d'espèces en hiver (Mothiron, 2010 )
- ➡ Une durée de vol par nuit variable : au global, du crépuscule jusqu'au milieu de la nuit mais des créneaux horaires selon les espèces.

## Le cas des papillons nocturnes

80-85% des espèces des « gros papillons » de nuit (macrohétérocères) possède un phototropisme positif (Ulrich, 2020)

> inventaire par « attraction » lumineuse...



[ 1  
0  
C  
m



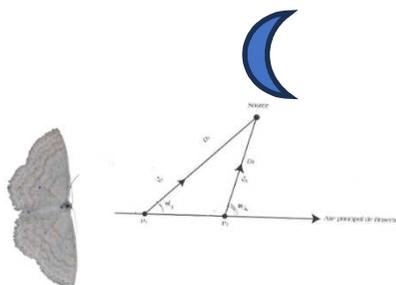
Plus d'une centaine d'espèces représentées par 1 à 50 individus = plusieurs milliers d'individus lors de cette soirée



150 insectes tués par lampadaire et par nuit d'été soit 1 milliard d'insectes par an en France - équivalent à l'Allemagne d'après Eisenbeis & Hassel (2000)

# Le cas des papillons nocturnes

Pas véritablement de l'attraction, mais de la désorientation...

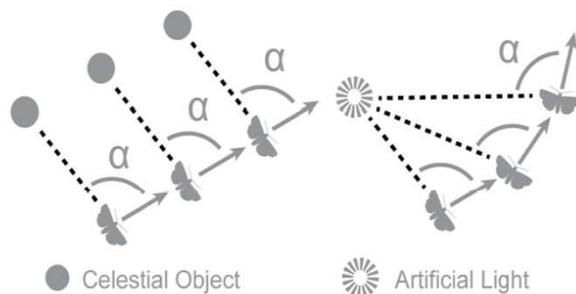


Beaudoin, 1999

Pourquoi ?

car le papillon rectifie automatiquement son angle de vol par rapport à la source lumineuse (habituellement située à l'infinie)

➡ déviation du vol, en spirale, jusqu'à la source.



Fabian et al., 2023

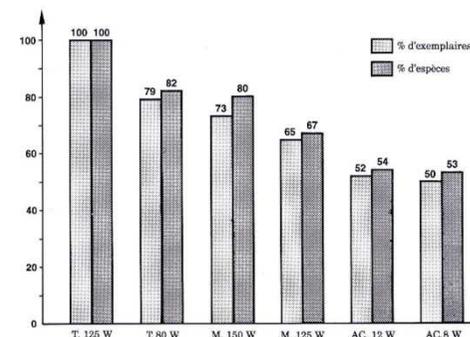


FIG. 1. — Comparaison des taux de captures obtenus selon le type d'éclairage: T. 125W, lampe à filament de tungstène, 125 W; T. 80W, lampe à filament de tungstène, 80 W; M. 150 W, lumière mixte, 150 W; M. 125W, lumière mixte, 125 W; AC. 12W, tube fluorescent actinique, 12 W; AC. 8W, tube fluorescent actinique, 8 W.

Mothiron, 2010

Quelle puissance d'éclairage ?

Fonction de la taille du halo lumineux en lien avec le **nombre de lumens**.

# Le cas des papillons nocturnes

Un impact jusqu'à de grandes distances...

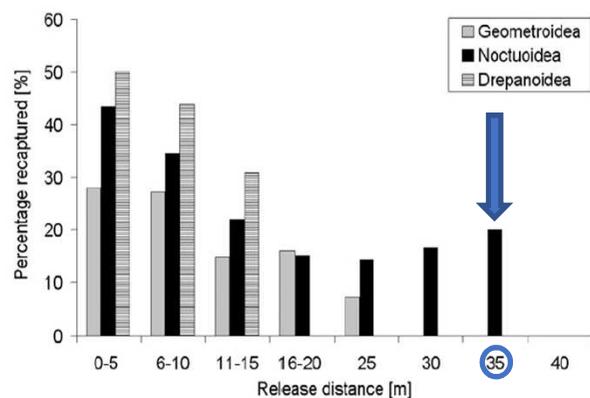


Fig. 1. Percentage of moths in three super-families recaptured in the Bayreuth experiment.

Truxa & Fiedler, 2012

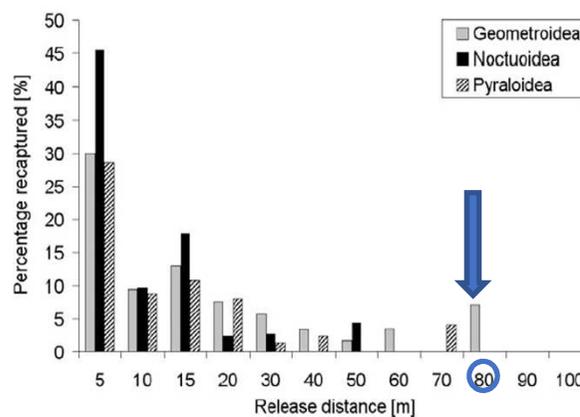
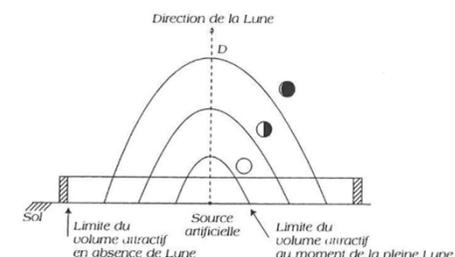


Fig. 2. Percentage of moths in three super-families recaptured in the Orth experiment.

Toujours ?

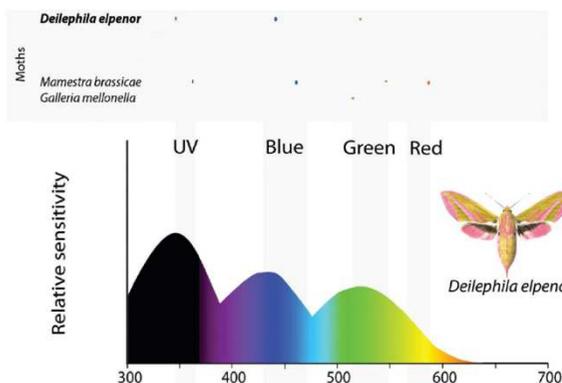
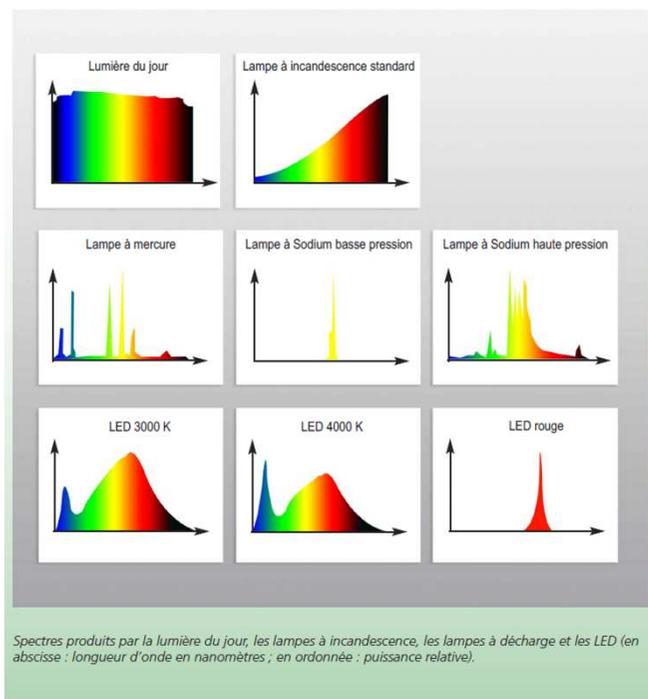
Oui, **MAIS** la distance d'attraction pour une source donnée varie selon l'éclairage lunaire.



Exemple : attraction à l'ampoule 125w UV standard pour inventaire lépidoptères nocturnes passe de 70m en pleine lune à 830 m en lune noire (Dufay, 1976)

# Le cas des papillons nocturnes

Quel type de lampe les affecte le plus ?



Brehms, 2017  
Brehms *et al.*, 2021

48% d'insectes capturés en plus par les LED que les lampes HPS (Pawson, 2014)

Les lampes à spectre étroit n'émettant pas de lumière UV affectant moins les espèces (Davies *et al.*, 2013)

ampoule	Température de la couleur (K)	Émission d'UV	IRC lumière	Durée de vie	Impact sur l'environnement	Recommandé pour la biodiversité
sodium basse pression	1800°	non	0 monochromatique orange	12 000 à 18 000 h	faible, sans mercure	oui
sodium haute pression	2050°	non	25 Jaune clair	15 000 à 55 000 h	relativement faible, certaines sans mercure	oui
LEDs	2700° à 3000°	oui pour certaines	65 à 90 ambree à blanche	15 000 à 35 000 h	forte dispersion dans l'eau et l'atmosphère, augmente la taille des halos des villes	non
iodures métalliques	3000° à 4200°	non	65 à 90 blanc neutre	10 000 à 15 000 h	durée courte, contient du mercure	non
fluocompacte	2700° à 4000°	oui	60 à 90 blancs variables	10 000 à 20 000 h	présence de mercure, forte dispersion dans l'atmosphère	non
halogène	2700° à 3000°	oui	100 blanc éclatant	1 500 à 2 500 h	forte dispersion dans l'atmosphère, faible efficacité énergétique	non
mercure	3500° à 4000°	oui	45 à 60 blanche	16 000 h	contient du mercure	À remplacer retrait du marché européen en 2015

# Le cas des papillons nocturnes

## Quelles conséquences ?



### 1/ Perturbations spatiales et temporelles :

car la nuit constitue un milieu

- les zones d'activités nocturnes sont fragmentées (attraction des individus hors de leur espace vital)
- suractivité de vol des individus autour des sources de lumière (à terme, épuisements etc.)

### 2/ Perturbations dans la recherche de nourriture :

- réduction de la fréquence et de la durée d'alimentation : espérance de vie réduite
- déstabilisation des communautés de pollinisateurs nocturnes : baisse des visites aux fleurs dont ils assurent la pollinisation

# Le cas des papillons nocturnes

## Quelles conséquences ?



### 3/ Perturbation de la reproduction et de la ponte :

- réduction voir suppression des périodes et durées d'activités aboutissant à la reproduction (parade, accouplement)
- réduction du temps imparti à la recherche de sites de ponte et/ou perturbation physiologiques (stress-libération précoce des œufs sur un mauvais support/plante-hôte)

### 4/ Augmentation de la prédation :

les densités importantes de papillons captés par chaque lumière artificielle sont plus facilement repérées par les prédateurs : nocturnes (proies en vol et posées) et diurnes (proies au repos sur support inadéquate), le lendemain.

# Le cas des papillons nocturnes

## Quelles conséquences ?

### Déclin des papillons :

Au Royaume-Uni :

- 33% d'abondance des espèces (raretés exclues) sur 50 dernières années !



Impact de la perturbation nocturne sur les papillons de nuits (van Grusven, 2020) :

Aux Pays-Bas : baisse de 14% d'abondance dues à l'incidence des éclairages LED !



35 millions de chenilles d'Hétérocères consommées/an par la Mésange bleue (espèce) en Grande-Bretagne (Fox et al., 2006)

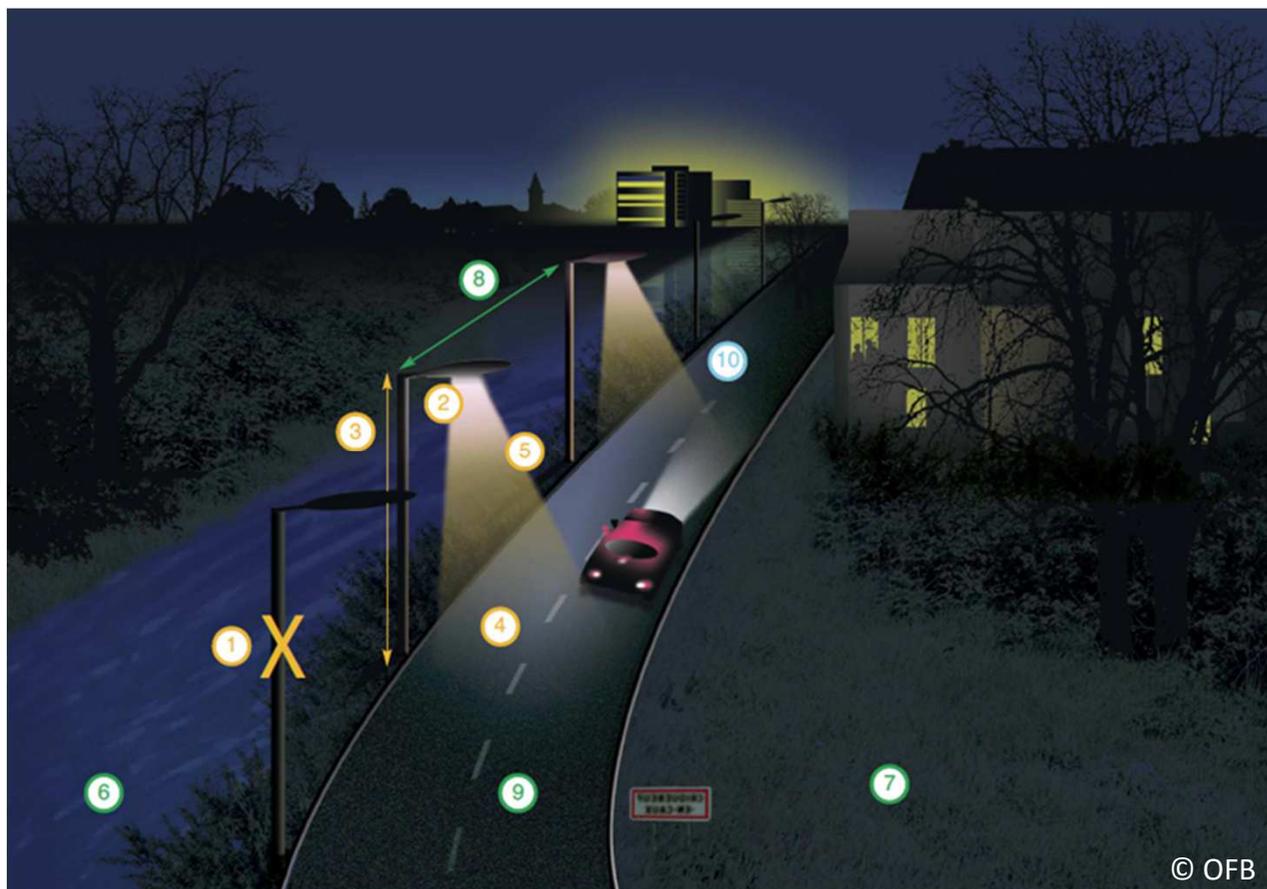
- Des **espèces vulnérables touchées** (dont certaines sont protégées à l'échelle nationale) ;
- Des **pression supplémentaires** à celle directe déjà avérée sur les biotopes des papillons (càd pesticides, destruction d'habitat, artificialisation des sols, mauvaise gestion...) atteintes aux Trames écologiques vertes et turquoise ;
- Une **perte pour les prédateurs** de la densité et qualité des proies aériennes nocturnes et leurs descendances (les chenilles).

## Echanges avec la salle

## Leviers d'action contre la pollution lumineuse

## Leviers d'action

- **Axe temporel**  
(horaires et durée)
- **Axe spatial**  
(densité, position)
- **Axe technique**  
(caractéristiques des luminaires)



## Le maître-mot : sobriété lumineuse

Pas forcément synonyme de sobriété énergétique, avec le déploiement des LED notamment

—

- Effet rebond : multiplication des points lumineux
- Quantité de lumière accrue
- Spectre lumineux avec un pic de bleu : plus grande diffusion et plus d'impact sur la biodiversité
- Eblouissement plus important
- Déploiement de lampadaires photovoltaïques...

+

- Facilite le pilotage et l'extinction
- Lumière plus ciblée
- Des modèles avec moins de pic de bleu, voire sans, existent : LED ambrées

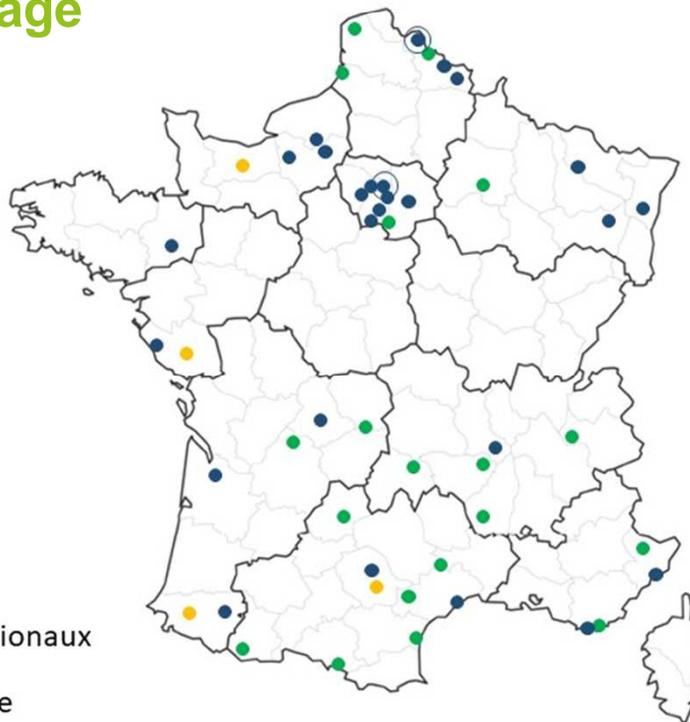
# Avoir une approche globale à l'échelle du territoire

Gestion différenciée de l'éclairage

Démarche de Trame noire

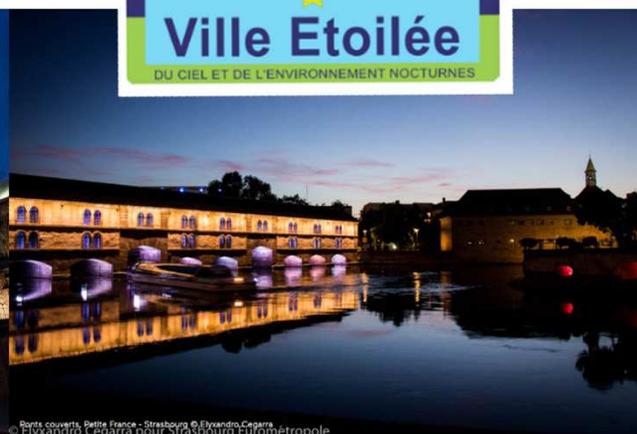
une 50aine de territoires engagés  
dans la démarche

- Communes, intercommunalités
- Parcs naturels régionaux / Parcs nationaux
- Syndicats départementaux d'énergie



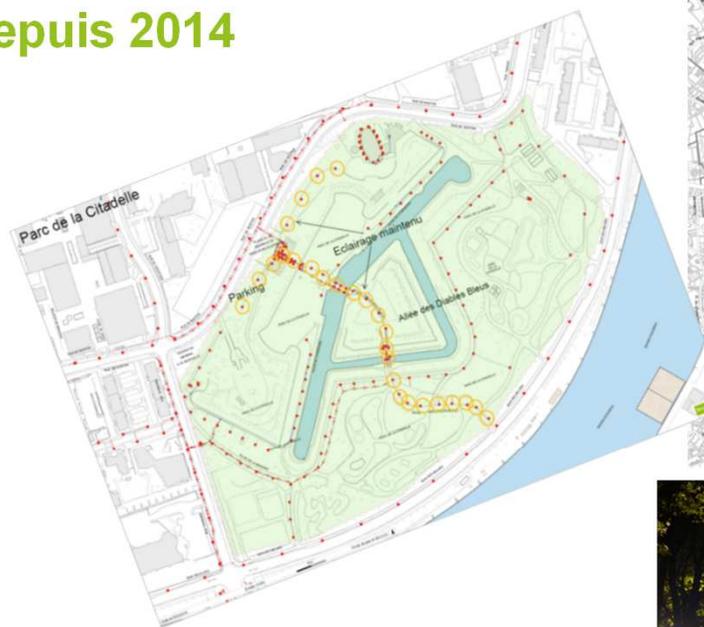
# Démarche de TRAME NOCTURNE ⇒ “Le bon éclairage au bon endroit”

**Adine Hector**  
Responsable du Département Ecologie du territoire



# Au commencement : ÉTEINDRE LES PARCS

depuis 2014



GUILLAUME CHAUVIN  
POUR « LE MONDE »

## Pour aller plus loin : IDENTIFIER LA TRAME NOCTURNE

⇒ **MÉTHODOLOGIE** Patrinat et OFB de Romain **SORDELLO**

### Étape 1 - Identifier les secteurs à enjeux de biodiversité

= disposer de la cartographie de la TVB sur le territoire concerné

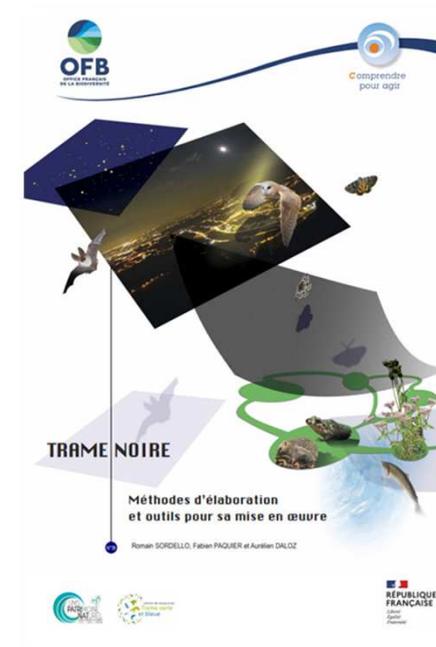
### Étape 2 - Cartographier la pollution lumineuse sur le territoire

= disposer de la cartographie des émissions lumineuses du territoire

### Étape 3 - Croisement cartographique

= Superposer les deux cartes afin d'extraire de la TVB la partie la plus sombre, qui constituera la Trame noire et identifier les points de conflit

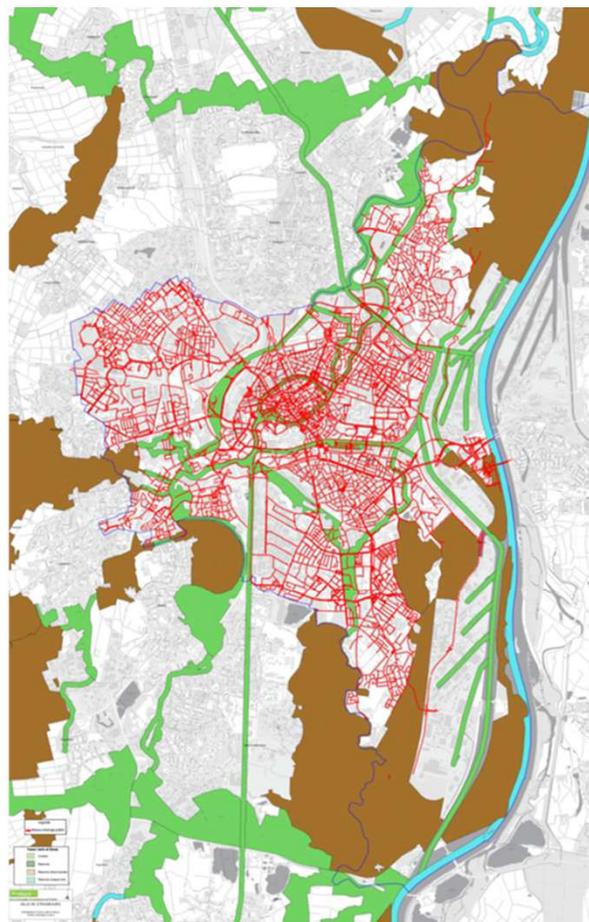
### Étape 4 - Plan d'action



## ENJEUX ÉCOLOGIQUES :

### 1) Préservation des réservoirs de biodiversité

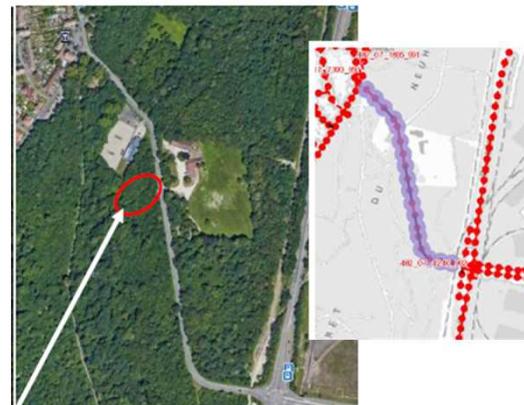
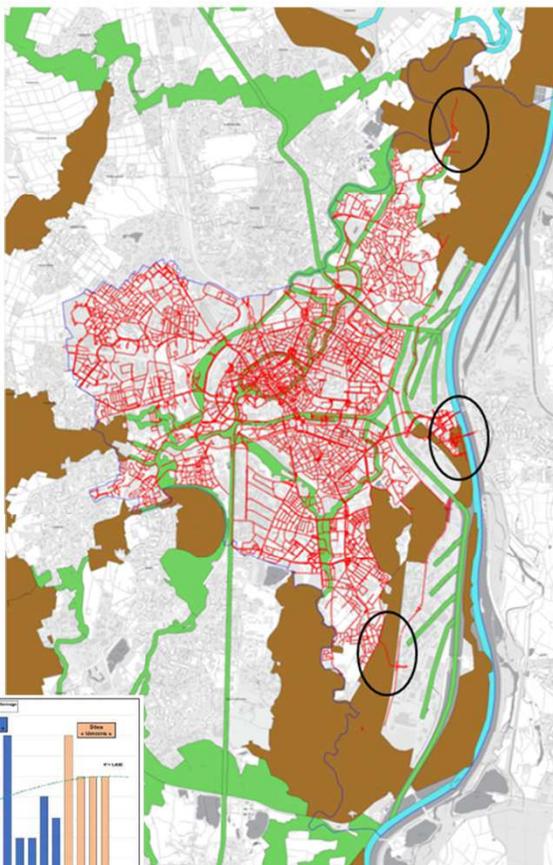
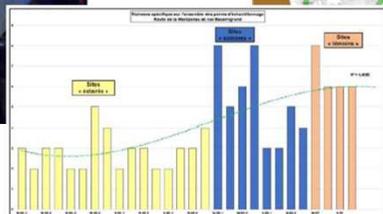
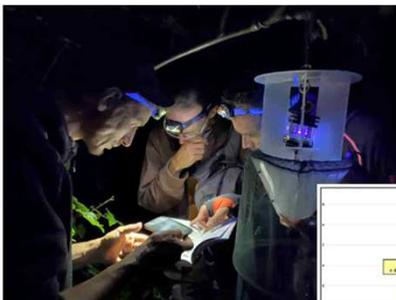
⇒ Croisement des données de  
l'éclairage public et de la  
photographie nocturne avec la  
TVB



# ENJEUX ÉCOLOGIQUES :

## 2) Identification des zones de conflit

⇒ Identification des points de conflit avec l'éclairage public



# ENJEUX ÉCOLOGIQUES :

## 3) Mise en place d'un plan de gestion "différenciée"



### Niveau 1 obscurité recherchée

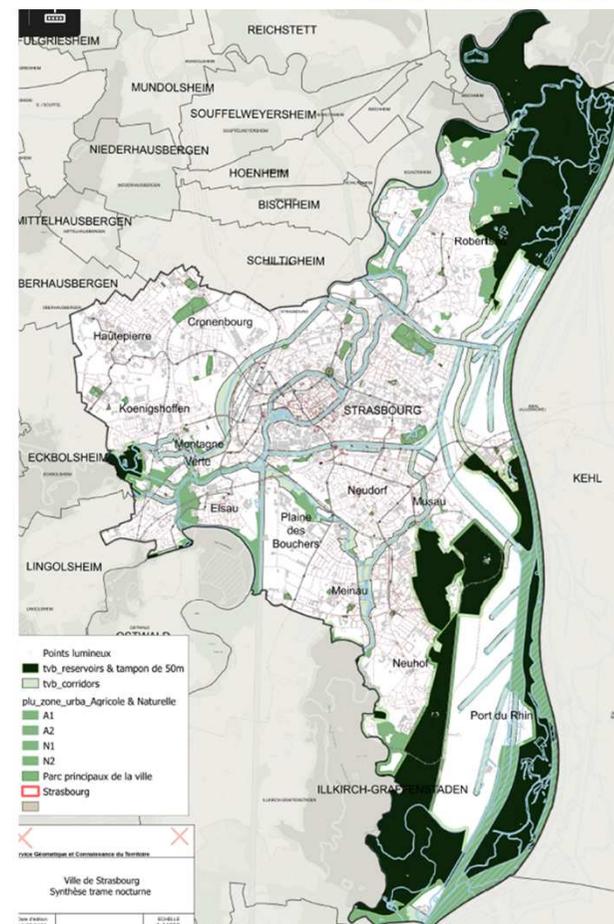
Les réservoirs de biodiversité de la Trame verte et bleue

### Niveau 2 extinction milieu de nuit recherchée + travail sur la qualité de la lumière

Les zones Agricole et Naturelles pas/peu constructibles  
Les corridors écologiques naturels  
Les parcs et espaces de nature éteints en milieu de nuit  
Les zones tampons + 50m des réservoirs de biodiversité, situées dans les espaces agricoles ou naturels

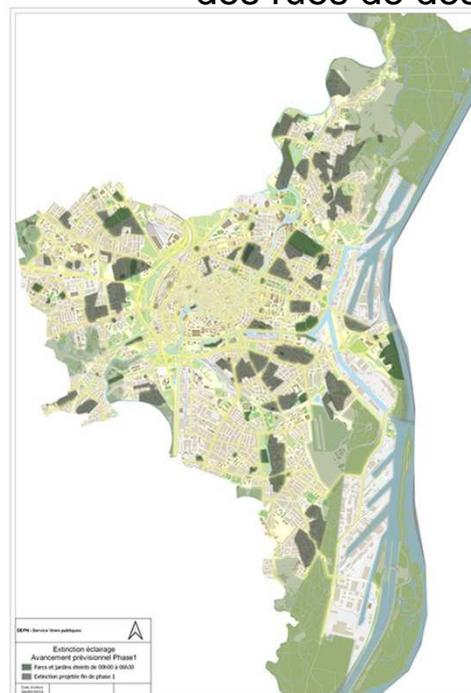
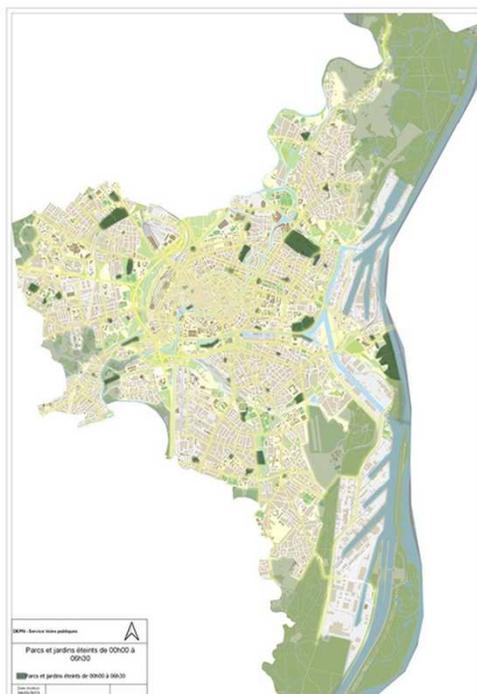
### Niveau 3 Travail sur la qualité de la lumière

Les corridors écologiques urbanisés  
Les zones tampons + 50m des réservoirs de biodiversité, hors espaces agricoles ou naturels



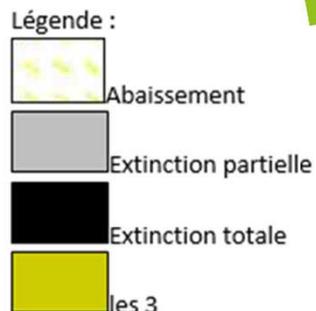
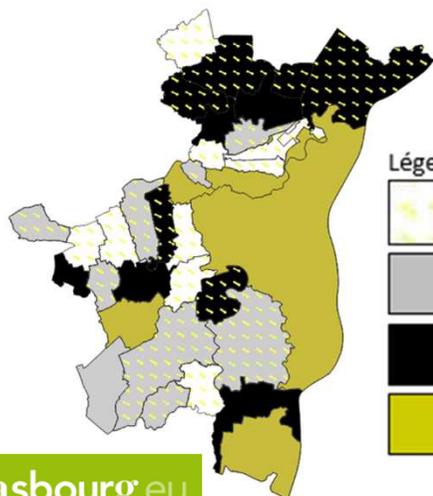
## + ENJEUX SOBRIÉTÉ & SANTÉ

⇒ Depuis mars 2023, extinction progressive des rues de desserte entre 1h-5h



# TOUS CONCERNÉS

- ⇒ Accompagnement des communes
  - ⇒ Accompagnement des acteurs privés
  - ⇒ Accompagnement des habitants & usagers
- + **RÉGLEMENTAIRE** : Intégration dans le PLUi



**Strasbourg.eu**  
eurometropole

**Strasbourg.eu**  
eurometropole

**Éclairage public, pollution lumineuse, trame nocturne : de quoi parle-t-on ?**

**la pollution lumineuse**

**actions**

**Le ciel étoilé autour de Noël**  
Le Mandatium du Jardin des sciences  
de l'Université de Strasbourg présente

## Echanges avec la salle

**Bruno Paternot**  
**Conseiller municipal délégué à l'esthétique lumineuse**  
**Montpellier Méditerranée Métropole**



montpellier  
Méditerranée  
métropole

# PLAN Lumière





# PLAN Lumière

## Une nouvelle nuit commence...

### LES 15 OBJECTIFS DU PLAN LUMIÈRE AU QUOTIDIEN

- 1 Accompagner les communes pour la rénovation de la mise en valeur de leur héritage architectural
- 2 Améliorer l'esthétique lumineuse de l'espace public en respectant l'identité communale
- 3 Garantir la conformité électrique et le bon fonctionnement des installations
- 4 Assurer la sécurité des déplacements pour tous
- 5 Renforcer le sentiment de sécurité de la population
- 6 Lutter contre la pollution lumineuse
- 7 Elaborer une trame étoilée
- 8 Sensibiliser à la lutte contre la pollution lumineuse
- 9 Inciter les partenaires «privés»
- 10 Améliorer la performance énergétique du patrimoine
- 11 Gérer durablement les équipements
- 12 Soutenir la recherche et l'innovation
- 13 Adapter les quantités d'éclairage aux espaces publics
- 14 Etablir une temporalité de l'éclairage public
- 15 Adapter les températures de couleur

### LES 15 OBJECTIFS DU PLAN LUMIÈRE AU QUOTIDIEN

- 1 Accompagner les communes pour la rénovation de la mise en valeur de leur héritage architectural
- 2 Améliorer l'esthétique lumineuse de l'espace public en respectant l'identité communale
- 3 Garantir la conformité électrique et le bon fonctionnement des installations
- 4 Assurer la sécurité des déplacements pour tous
- 5 Renforcer le sentiment de sécurité de la population
- 6 Lutter contre la pollution lumineuse
- 7 Elaborer une trame étoilée
- 8 Sensibiliser à la lutte contre la pollution lumineuse
- 9 Inciter les partenaires «privés»
- 10 Améliorer la performance énergétique du patrimoine
- 11 Gérer durablement les équipements
- 12 Soutenir la recherche et l'innovation
- 13 Adapter les quantités d'éclairage aux espaces publics
- 14 Etablir une temporalité de l'éclairage public
- 15 Adapter les températures de couleur

**Gestion Différenciée de l'Éclairage Public par type de voirie et occupation du sol**

OCCUPATION DU SOL / TYPOLOGIE DE VOIRIES	Voies de desserte locale	Liaisons intercommunales et inter-quartiers	Principales pénétrantes et voies de contournement		Réseau superstructurant (avec mobilité douce ou zone de conflit)	Réseau superstructurant (sans mobilité douce ni zone de conflit)
			Linéaire	Zones de conflit		
Centre-ville historique/rues commerçantes						
Zones commerciales	 + 					
Centre-ville historique/rues non commerçantes Grand équipements publics activité nocturne						
Tissu urbain continu (faubourg ?)						
Grand équipements publics activité Zones mixtes d'activité/logement Parcs technologiques et zones d'activité Zones industrielles	 + 	 + 				
Habitat collectif et mixte						
Habitat pavillonnaire	 + 	 + 				
Parcs et jardins ouverts la nuit + cheminements piétons	 + 					
Parcs et jardins fermés la nuit	 + 					

-  Abaissement de la puissance d'éclairage durant une partie de la nuit
-  Extinction de l'éclairage en cœur de nuit
-  Détection de présence pour restaurer le niveau nominal

Régime nominal	
	5 Lux
	7,5 Lux
	10 Lux
	15 Lux

## Echanges avec la salle

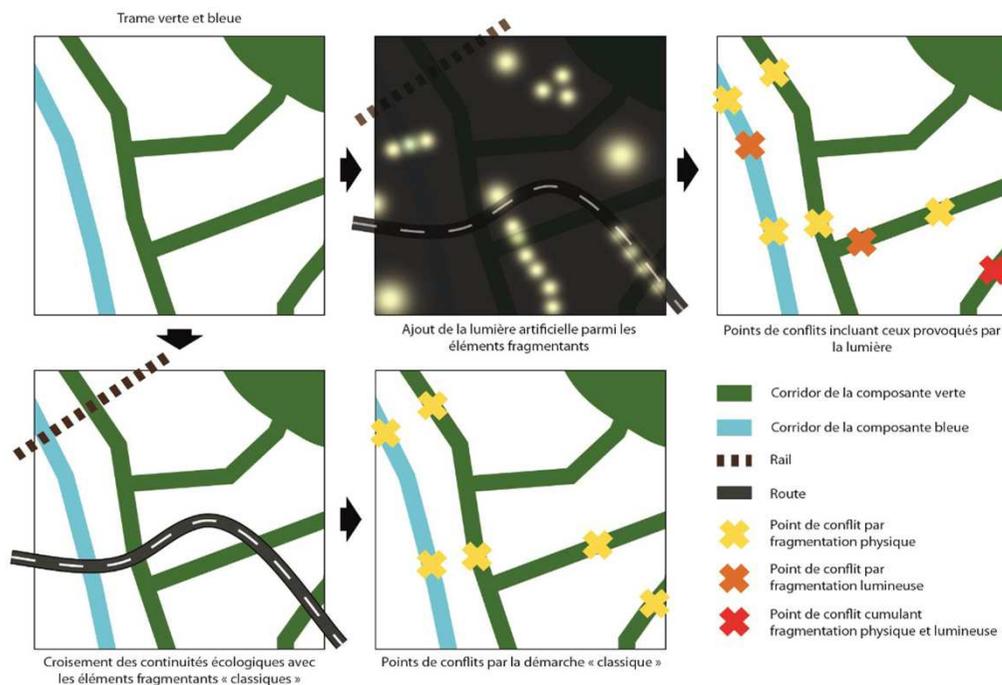
# Trame noire de Montpellier focus sur les insectes

**Stéphane Jaulin**  
Responsable de l'antenne Occitanie



# La fragmentation des trames

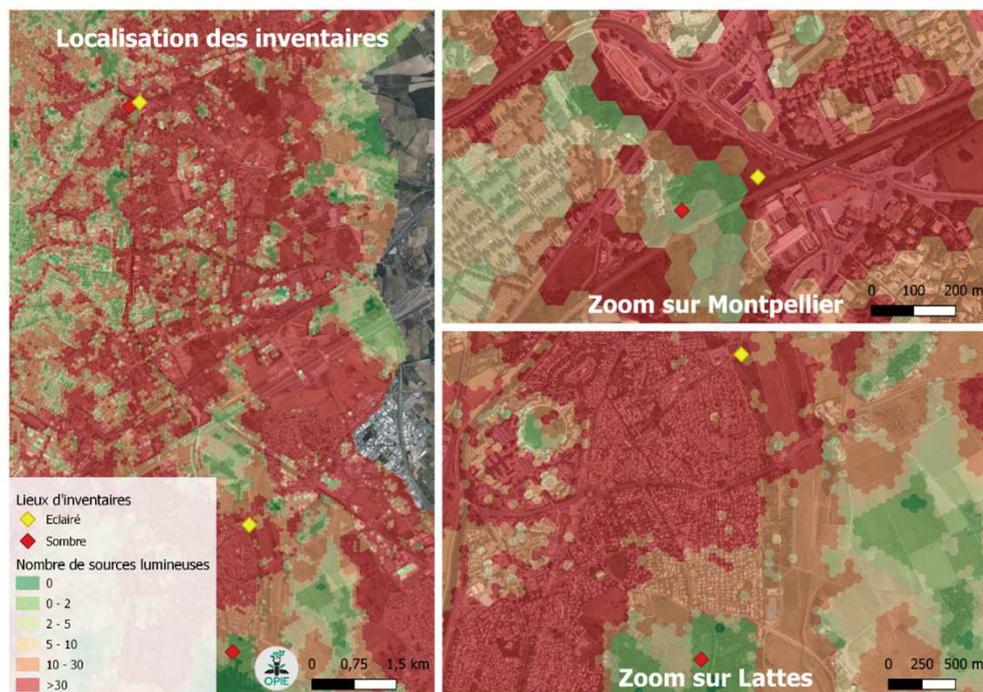
Croisement de la trame verte et bleue avec la trame noire pour cibler les inventaires



Prise en compte des réservoirs, de corridors et de barrières écologiques (Sordello *et al.*, 2014)

# Des inventaires sur plusieurs zones de la métropole

Inventaires ciblés sur des zones sombres / éclairées dans des secteurs plus ou moins urbanisés en bordure de zones humides



Piège à Montpellier  
près du Lez (zone  
éclairée)



Piège au Théâtre de verdure  
à Lattes en zone sombre

**8 soirées pour contribuer à la  
connaissance des papillons de nuit  
sur la métropole**

## Quelques résultats

Des inventaires permettant d'ajouter des espèces alors méconnues sur la métropole

145 espèces observées

Quelques exemples d'espèces de Lépidoptères observés à Lattes :

Macrohétérocères : A : *Timandra comae* (Geometridae) et  
B : *Parahypopta caestrum* (Cossidae)

Microlépidoptères : C : *Calybites phasianipennella*  
(Gracillariidae) et D : *Eucosma conterminana* (Tortricidae)

© B. Louboutin – Opie



A



B



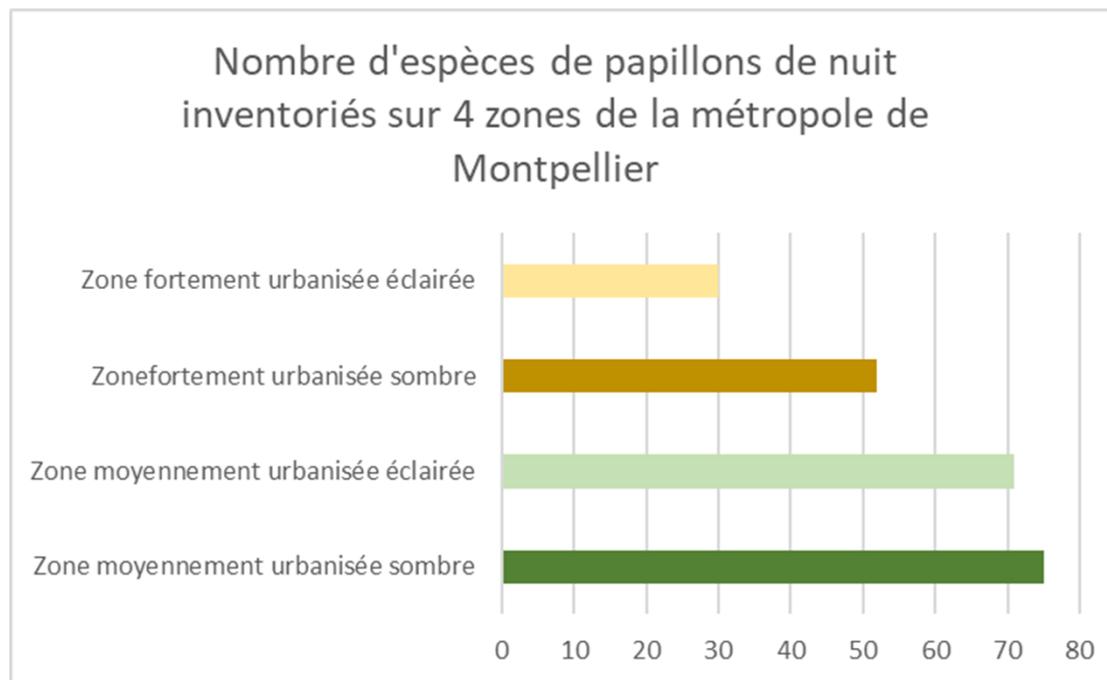
C



D

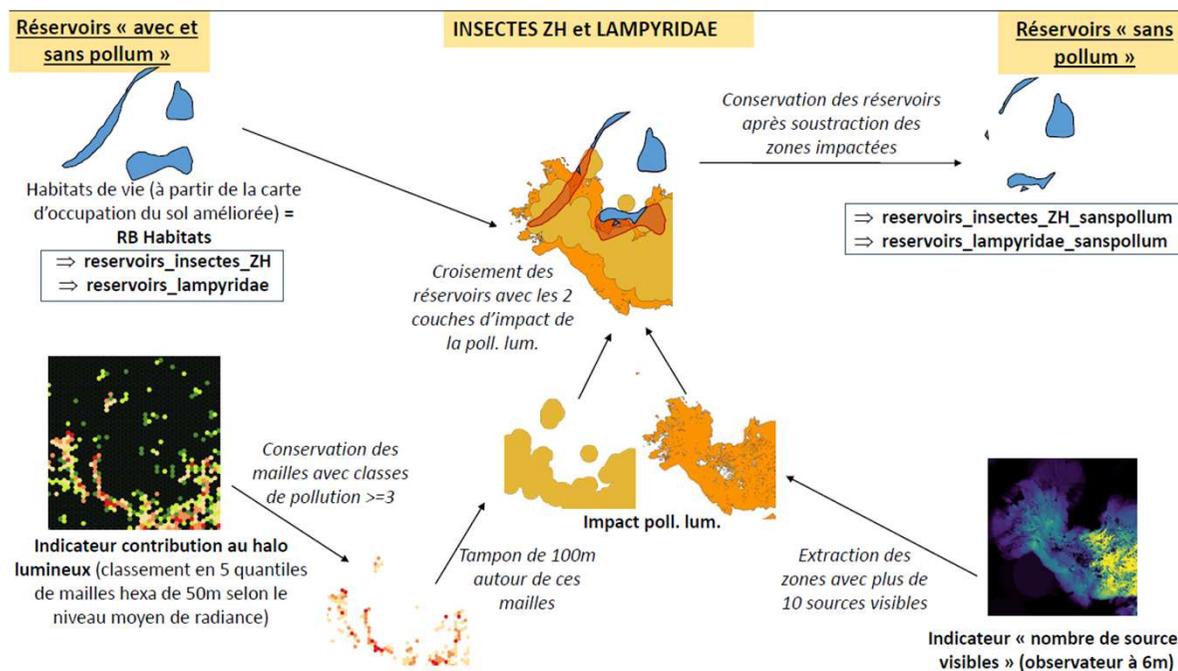
## Quelques résultats

Des résultats qui vont dans le sens des effets négatifs de la pollution lumineuse et de l'artificialisation



# Un accompagnement de la Telescop et de l'INRAE

## Prise en compte des insectes dans la définition des enjeux écologiques



Méthodes de définition des enjeux écologiques avec l'exemple des réservoirs sans pollution lumineuse

La Telescop, 2023

# Un accompagnement de la Telescop et de l'INRAe

## Cartographie des réservoirs et des corridors des insectes des zones humides

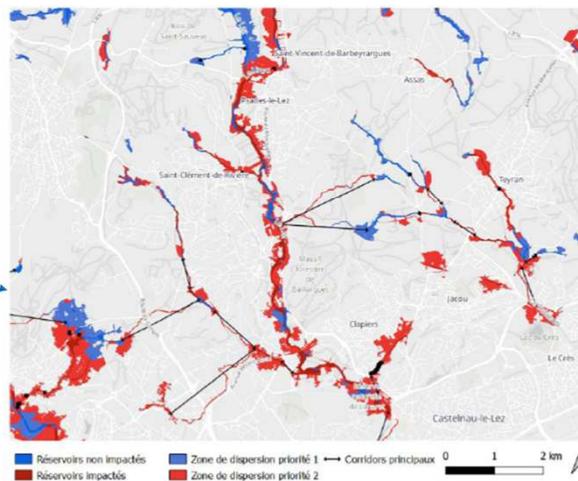
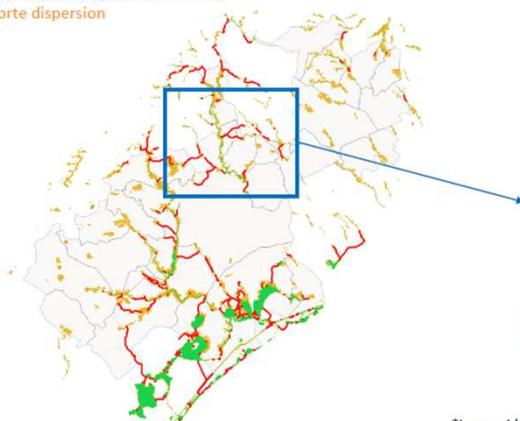
### Priorités 1 et 2 : exemples

Insectes ZH

Réservoirs

Corridors principaux (dEC et BC)\*

Forte dispersion



\*Les corridors principaux symbolisés en zone de dispersion correspondent au chemins de moindre cout

Méthodes de priorisation des enjeux écologiques :

**Construction d'une carte de synthèse des zones à préserver**

**Construction d'une carte de synthèse des zones à restaurer-recréer**

en fonction de la perte de fonctionnalité et en tenant compte du nombre d'espèces ou de groupes d'espèces concerné

*La Telescop, 22023*

## Echanges avec la salle

## Travaux de groupes

## Thèmes des travaux de groupes

***Sujet 1 - Amplifier et maintenir dans le temps des pratiques d'extinction en cœur de nuit de l'éclairage public***

***Sujet 2 - Mettre en oeuvre la Trame noire : de la carte à l'action***

***Sujet 3 - Éclairage privé (commerce, bureaux, particuliers) : faire respecter la réglementation***

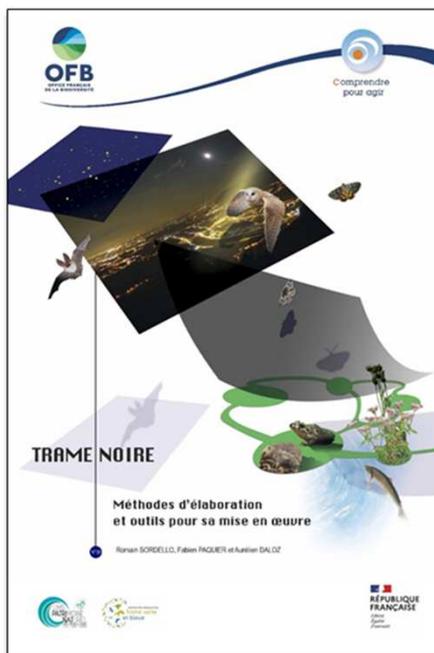
***Sujet 4 - Concerter la population sur les mesures de lutte contre la pollution lumineuse***

***Sujet 5 - Valoriser la biodiversité nocturne***

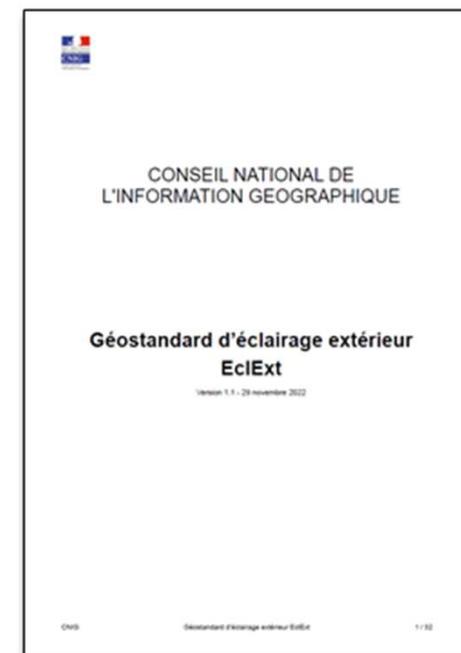
## Consignes des travaux de groupes

- *Les sujets sont disposés sur les tables*
- *Objectif : discuter du sujet et rédiger une synthèse collective des idées.*
- *Désigner un animateur par table qui se complètera le canevas présent sur la table.*
- *Durée : 25 minutes.*
- *A la fin : afficher vos canevas sur le mur.*

## Quelques ressources pour aller plus loin



Plus d'info : [www.trameverteetbleue.fr](http://www.trameverteetbleue.fr)  
Contact : [trameverteetbleue@ofb.gouv.fr](mailto:trameverteetbleue@ofb.gouv.fr)



# Merci de votre attention



[www.ofb.gouv.fr](http://www.ofb.gouv.fr)

## Sous le haut patronage



## Avec le soutien de



## Événement parrainé par

