



Rencontre technique « Trame noire et biodiversité »  
18 Novembre 2021

# La lumière artificielle nocturne affecte-t-elle la physiologie et le comportement des amphibiens ?

**Morgane Touzot**, Thierry Lengagne, Jean Secondi, Nathalie Mondy

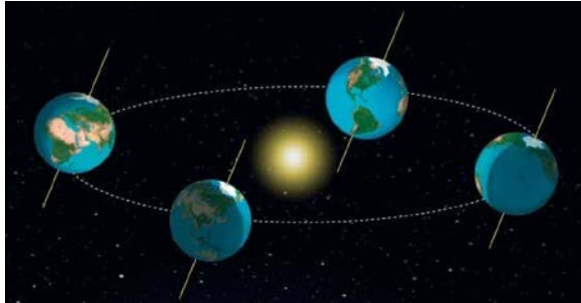
LEHNA – UMR 5023 CNRS – Université Claude Bernard Lyon 1



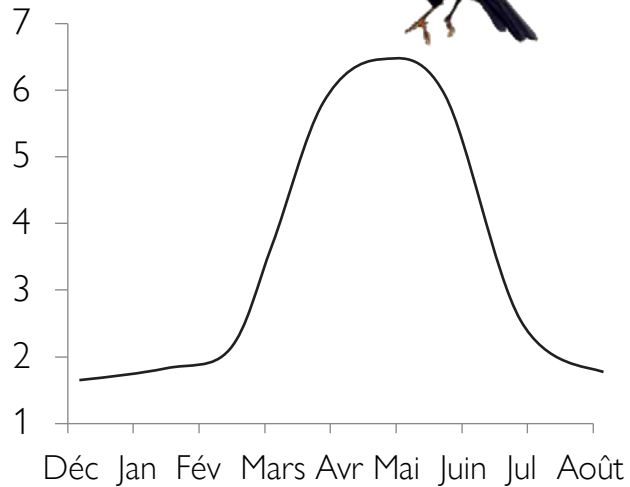
@MorganeTouzot

[morgane.touzot@gmail.com](mailto:morgane.touzot@gmail.com)

## Rythmicité des phénomènes biologiques



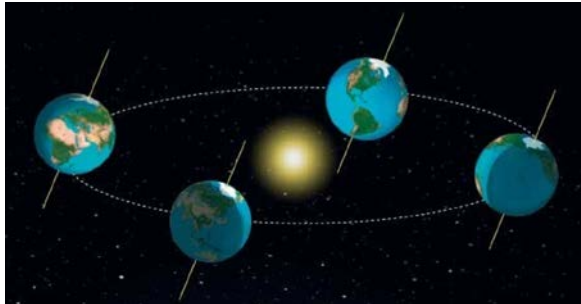
Largeur des  
testicules (nm)



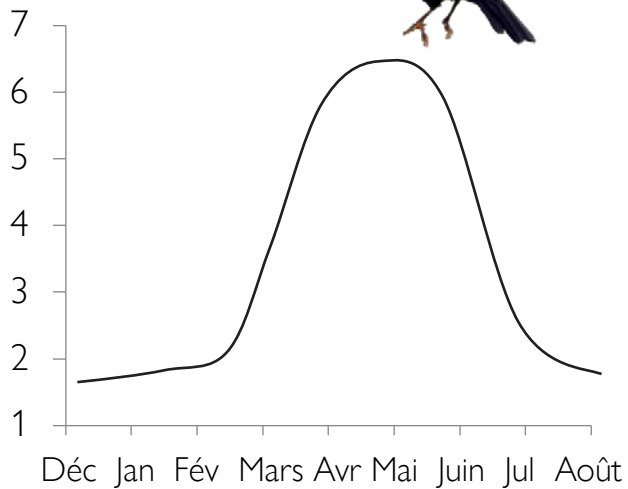
[1]

Temps

## Rythmicité des phénomènes biologiques

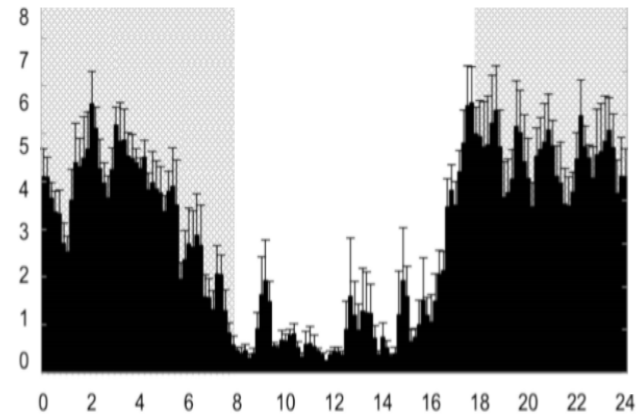


Largeur des  
testicules (nm)



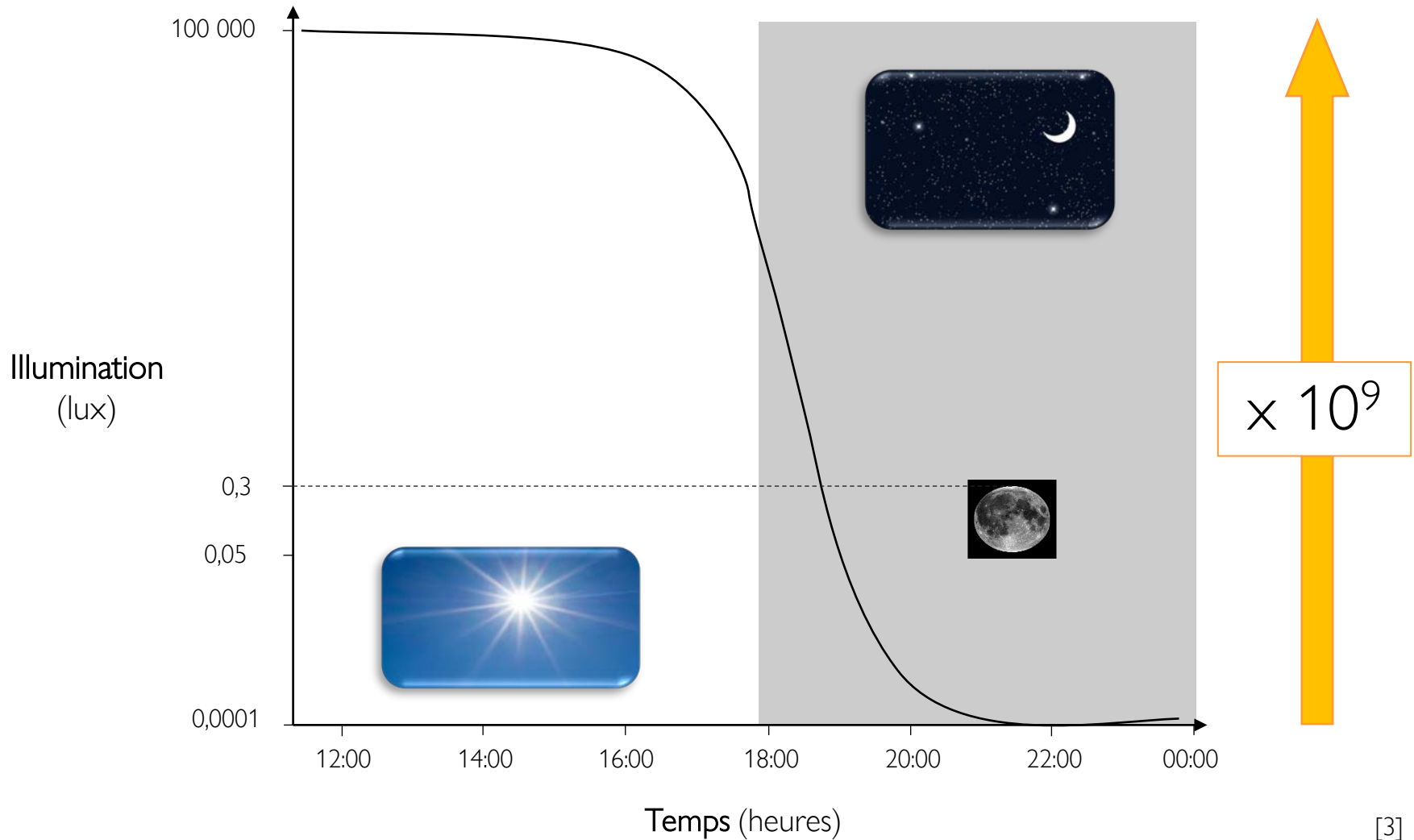
[1] Temps

Activité  
locomotrice  
(U.A)



[2] Temps

## Photopériode : Synchronisateur externe majeur



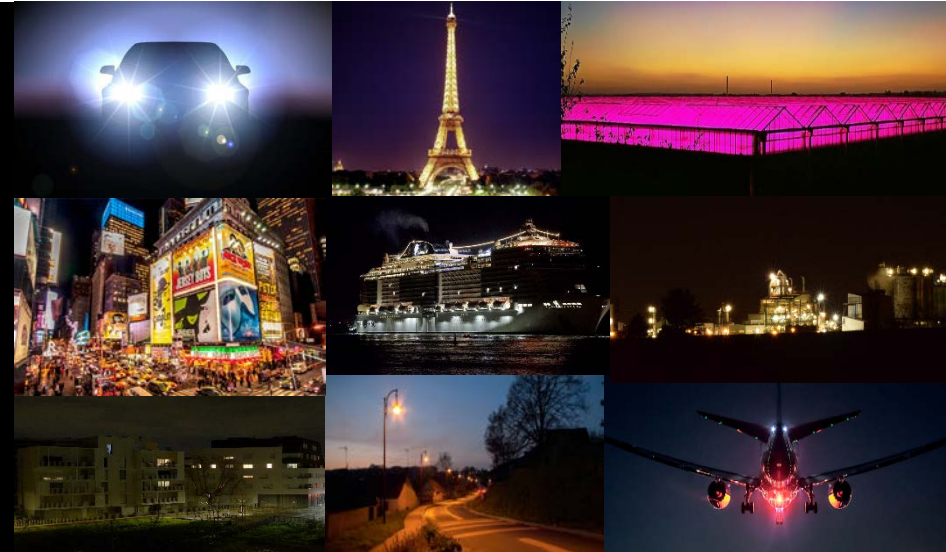
[3]



## Lumière artificielle nocturne, ALAN

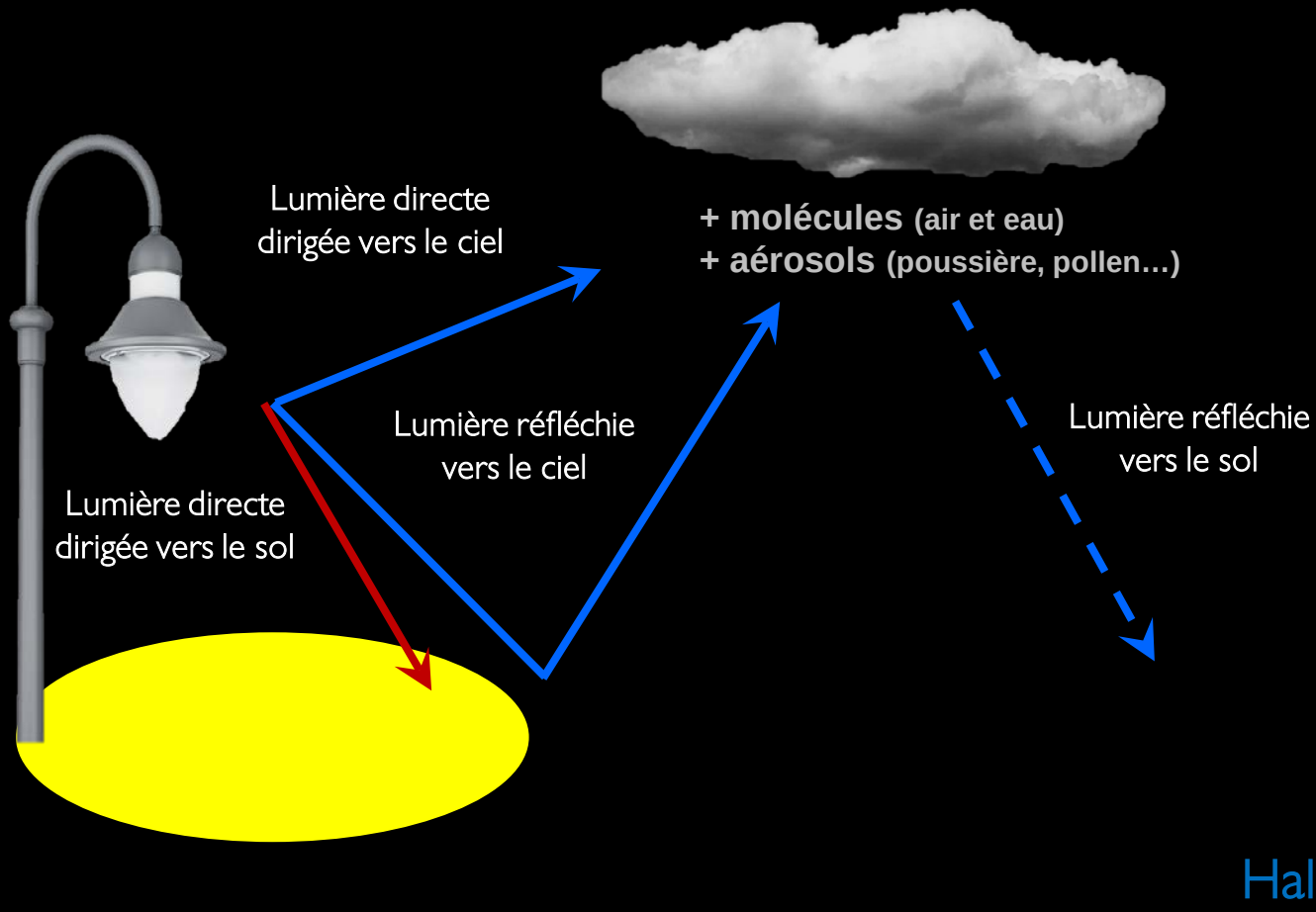


## Sources de lumière artificielle nocturne

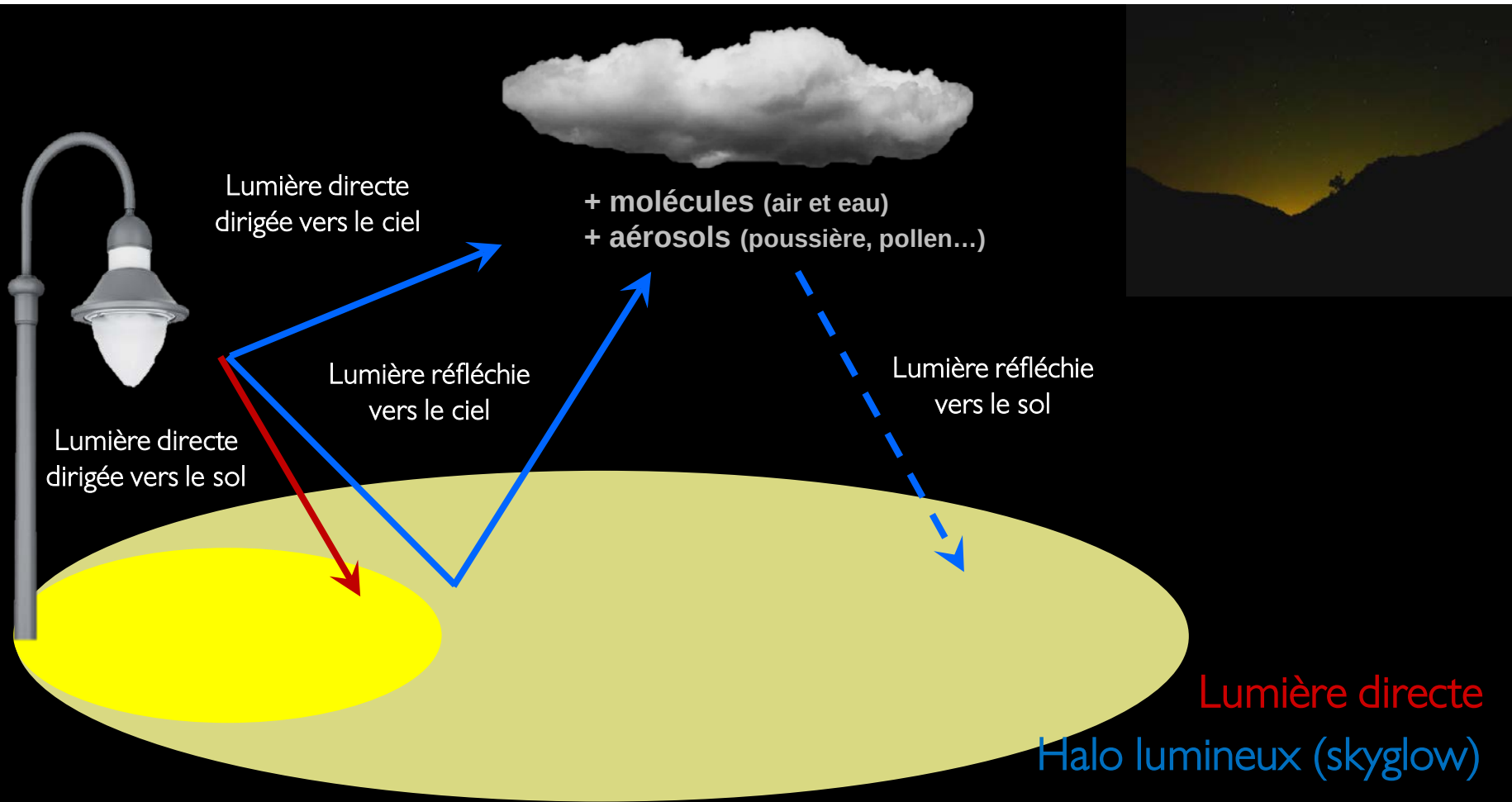


Lumière directe

## Sources de lumière artificielle nocturne

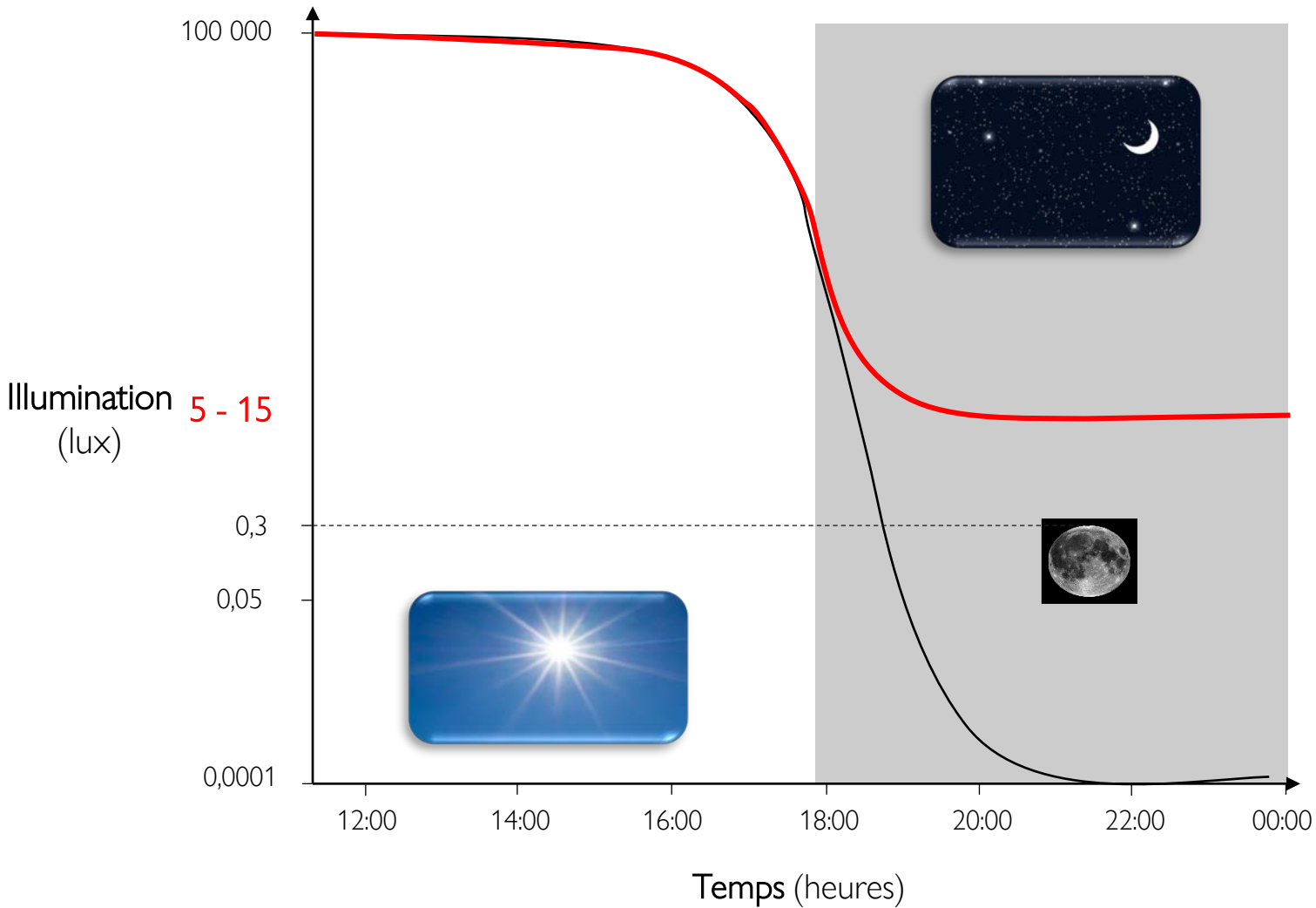


## Sources de lumière artificielle nocturne



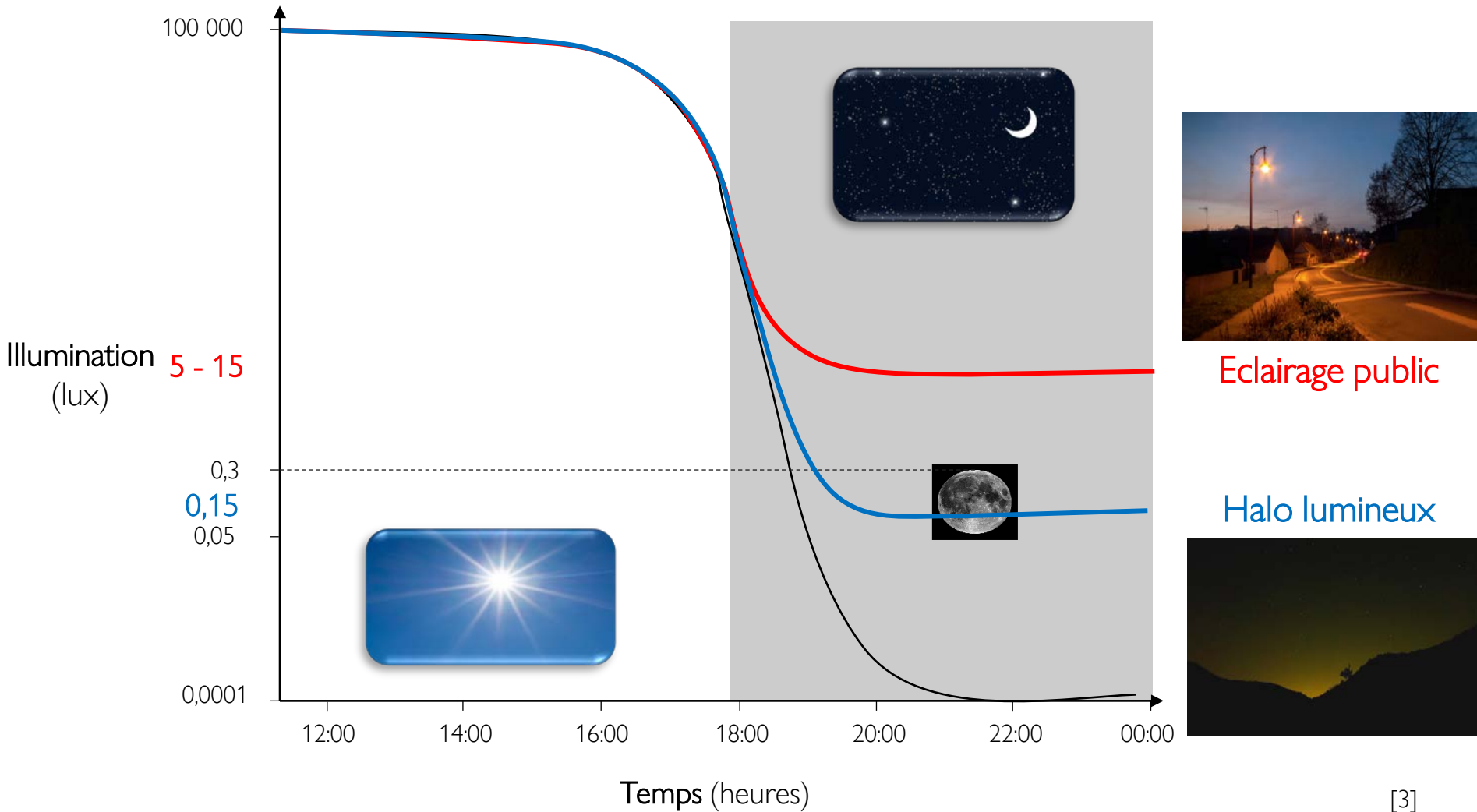


## Lumière artificielle nocturne, ALAN

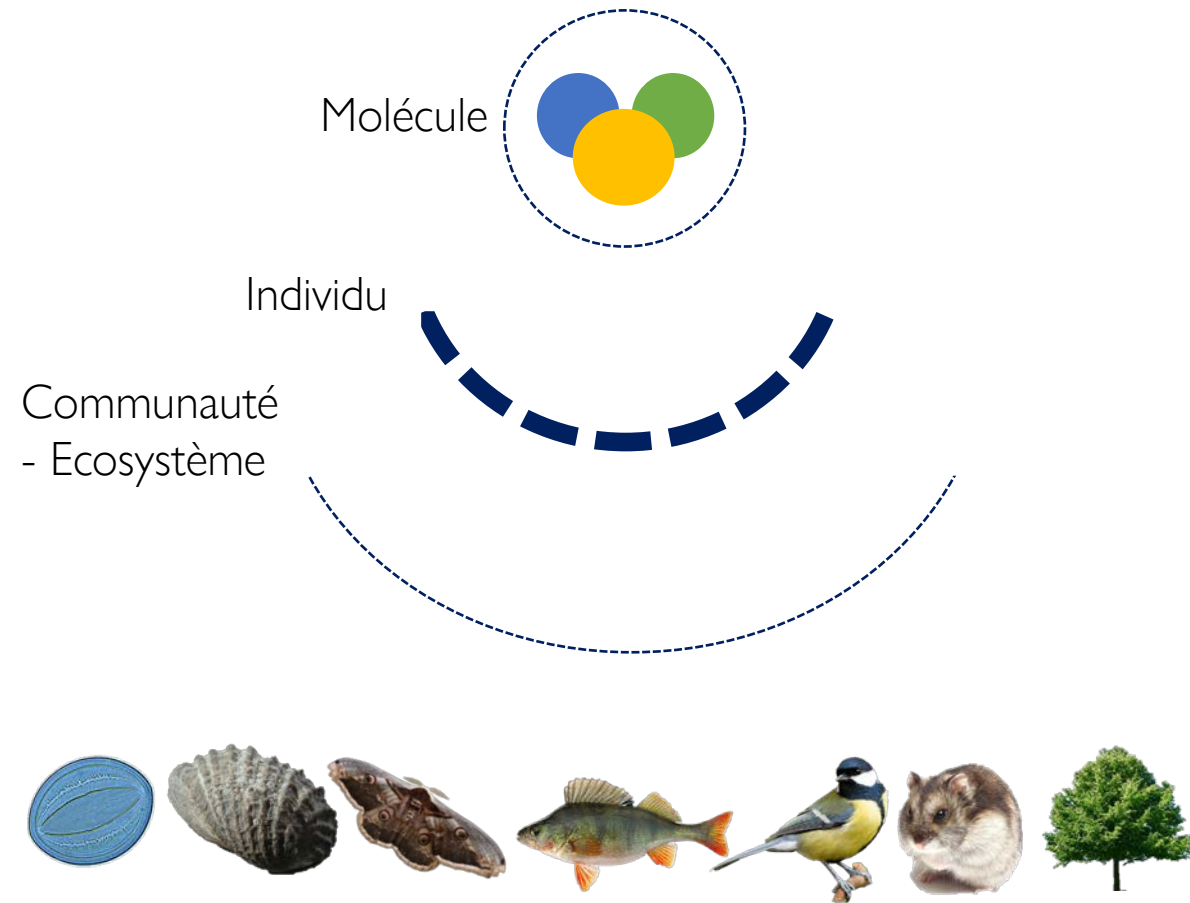


Eclairage public

## Lumière artificielle nocturne, ALAN

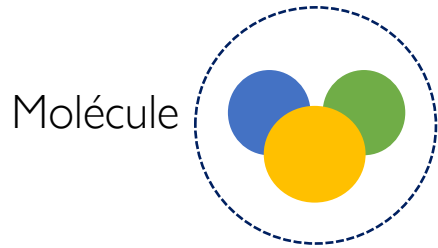


# Conséquences biologiques de la lumière artificielle nocturne



[5]

# Conséquences biologiques de la lumière artificielle nocturne



Etude expérimentale, effet isolé d'ALAN

Niveaux de lumière écologiquement pertinents



Individu

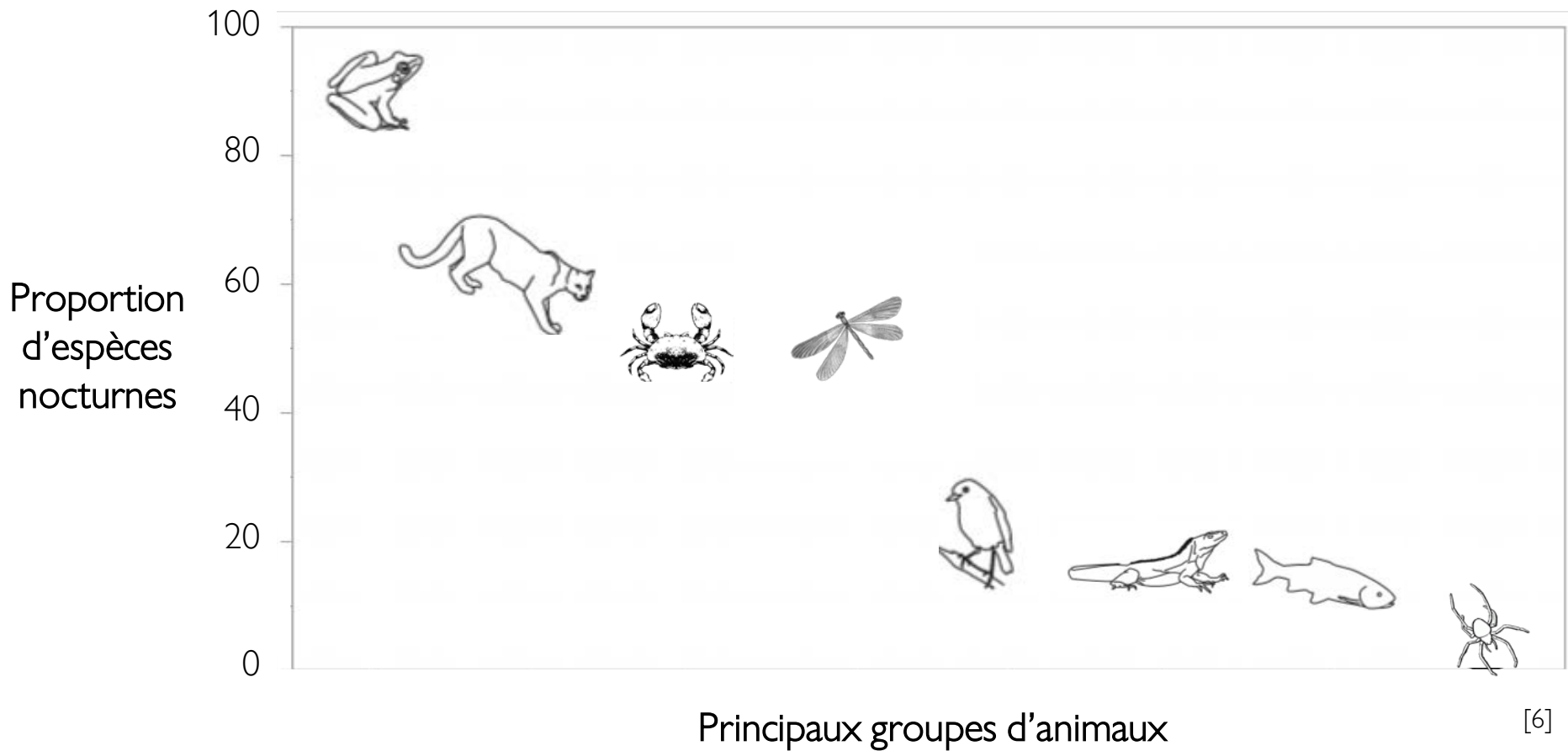


Communauté  
- Ecosystème



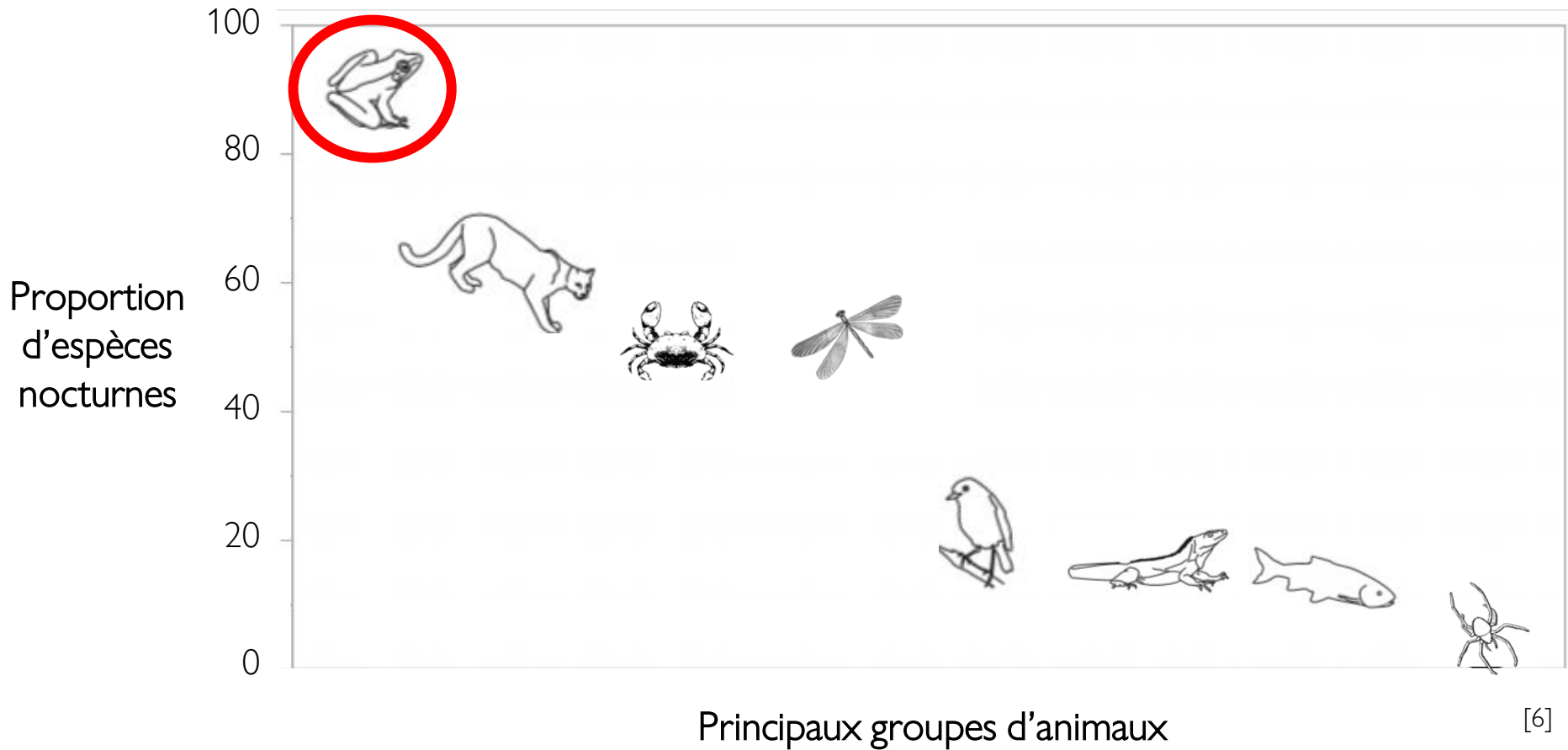
[5]

## Les amphibiens comme modèle biologique pour étudier ALAN





## Les amphibiens comme modèle biologique pour étudier ALAN



## Les amphibiens comme modèle biologique pour étudier ALAN



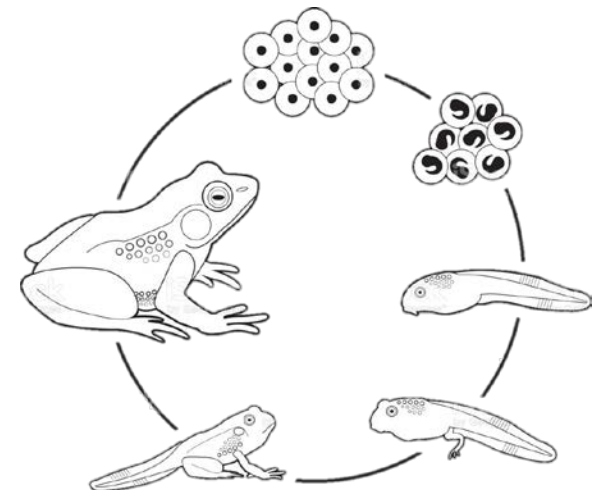
Habitat naturellement  
exposé à ALAN [7]

## Les amphibiens comme modèle biologique pour étudier ALAN



Habitat naturellement  
exposé à ALAN [7]

Cycle de vie complexe  
Mobilité limitée [8]

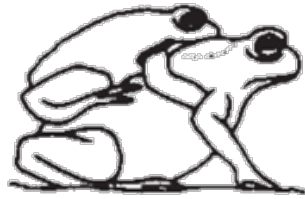


# Les conséquences biologiques d'ALAN chez les amphibiens



## Les conséquences biologiques d'ALAN chez les amphibiens

### Stade Adulte

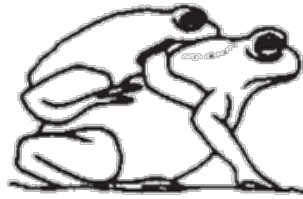


### Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

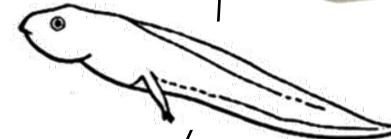
- Touzot et al., *Conserv Physiol* 2019
- Secondi et al., *Behav Ecol* 2021
- Touzot et al., *Environ Pollut* 2020

## Les conséquences biologiques d'ALAN chez les amphibiens

Stade Adulte



Stade Têtard



Axe 1 : Conséquences  
physiologiques et  
comportementales

- Touzot et al., *Conserv Physiol* 2019
- Secondi et al., *Behav Ecol* 2021
- Touzot et al., *Environ Pollut* 2020

Axe 2 : Conséquences  
moléculaires

- Touzot et al., *STOTEN* 2021



# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 1 : Influence d'ALAN sur l'activité et le métabolisme



Volume 7 • 2019

10.1093/conphys/coz002



Research article

### Artificial light at night disturbs the activity and energy allocation of the common toad during the breeding period

Morgane Touzot<sup>1,\*</sup>, Loïc Teulier<sup>1</sup>, Thierry Lengagne<sup>1</sup>, Jean Secondi<sup>1</sup>, Marc Théry<sup>2</sup>, Paul-Antoine Libourel<sup>3</sup>, Ludovic Guillard<sup>1</sup> and Nathalie Mondy<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, ENTPE, UMR5023 LEHNA, F-69622 Villeurbanne, France

<sup>2</sup>Centre National de la Recherche Scientifique, Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), UMR 7179, 91800 Brunoy, France

<sup>3</sup>Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon (CRNL)—CNRS UMR 5292, Faculté de Médecine Laennec, 69372 Lyon Cedex, France

\*Corresponding author: Email: morgane.touzot@univ-lyon1.fr

The presence of artificial light at night (ALAN) is currently a global phenomenon. By altering the photoperiod, ALAN may directly affect the physiology and behaviour of many organisms, such as the timing of daily rhythms, hormonal regulation, food intake, metabolism, migration and reproduction. Surprisingly while it is known that ALAN exposure strongly influences health of humans and laboratory animals, studies on wildlife remain scarce. Amphibians are one of the most nocturnal groups of vertebrates and exhibit an unfavourable conservation status in most parts of the world. In order to gain insight into the consequences of ALAN, we experimentally exposed 36 adult breeding male common toads, *Bufo bufo*, to a light intensity of 0.1, 5 or 20 lux for 20 days, to investigate the activity using infrared cameras and the whole-body oxygen consumption by respirometry, as well as body mass and food intake. ALAN reduced toad activity over 24 h by 56% at 5 lux and by 73% at 20 lux. It did not affect the total energy expenditure but altered energy allocation. Indeed, standard energy expenditure increased by 28% at 5 lux and by 58% at 20 lux, while activity energy expenditure decreased by 18% at 5 lux and 38% at 20 lux. Finally, body mass and food intake were not affected. This study suggests that ALAN plays a large role in the activity and energy metabolism of common toads, which may have a long-term negative effect on the fitness of common toad populations. Generalizing these results to other taxa is crucial for conservation of biodiversity in an increasingly light world.

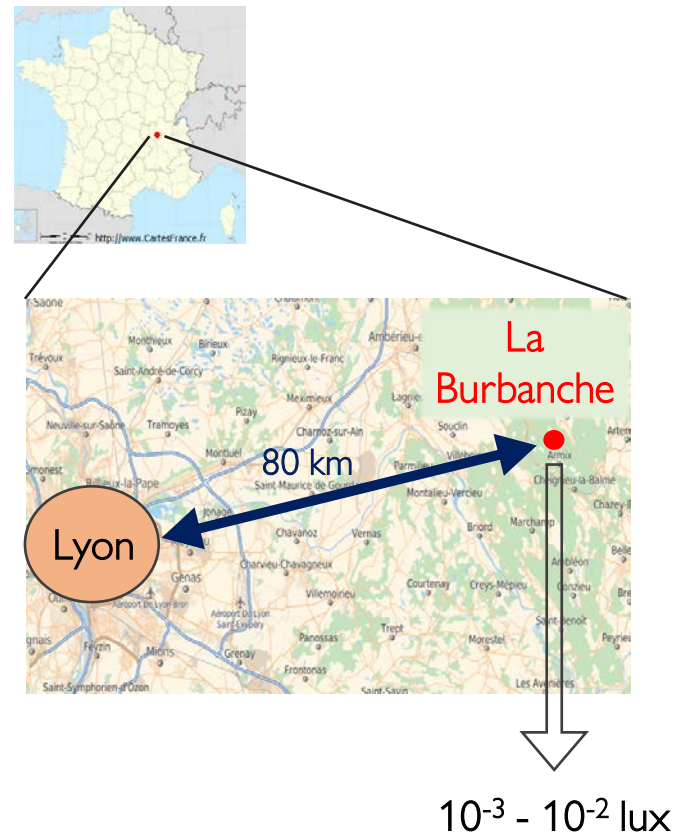


Crapaud commun,  
*Bufo bufo* [9]

Downloaded from https://academic.oup.com/conphys/article-abstract/7/1/coz002/5307659 by g

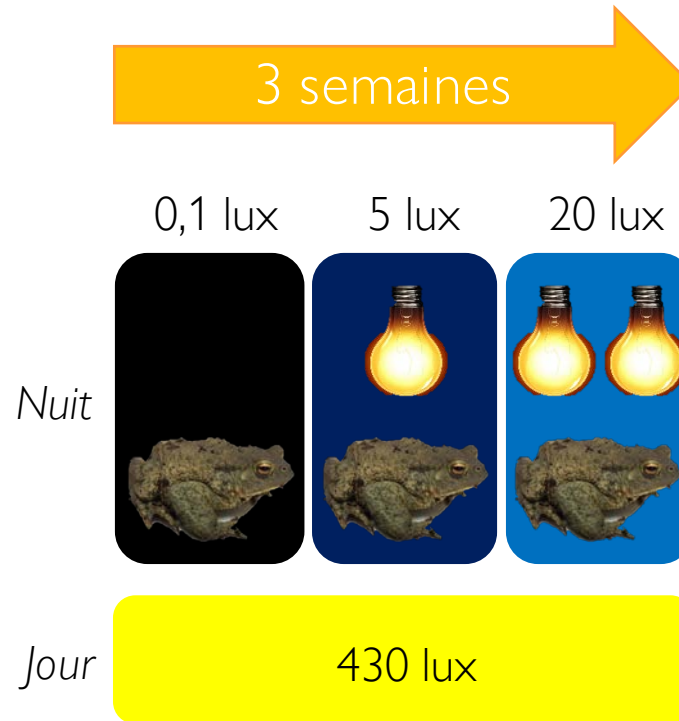
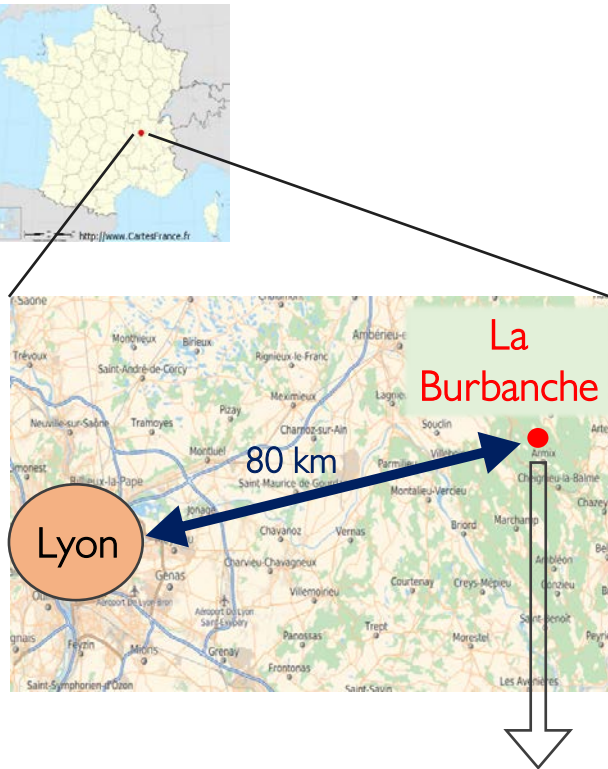
# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 1 : Influence d'ALAN sur l'activité et le métabolisme



# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

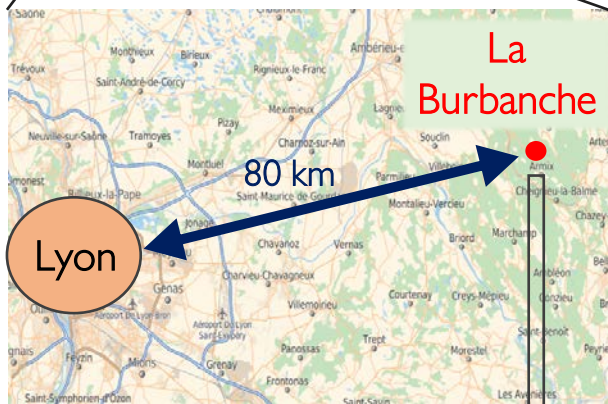
## Etude 1 : Influence d'ALAN sur l'activité et le métabolisme



$10^{-3} - 10^{-2}$  lux

# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 1 : Influence d'ALAN sur l'activité et le métabolisme



$10^{-3} - 10^{-2}$  lux



0,1 lux

5 lux

20 lux

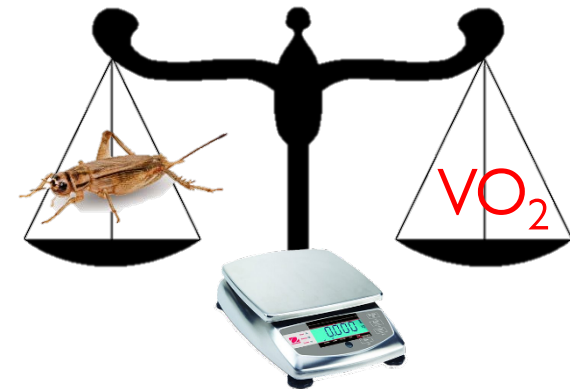


Nuit



430 lux

Jour



# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

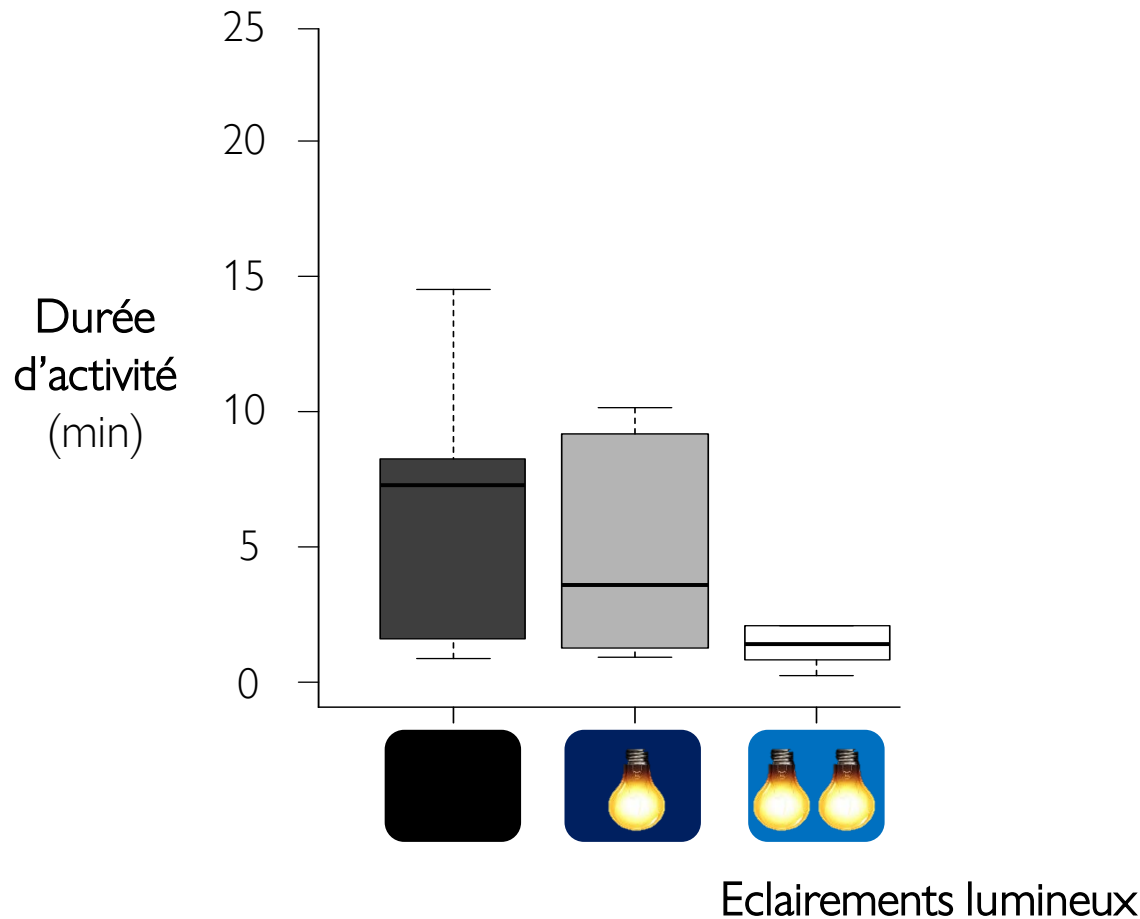
## Etude 1 : Influence d'ALAN sur l'activité et le métabolisme





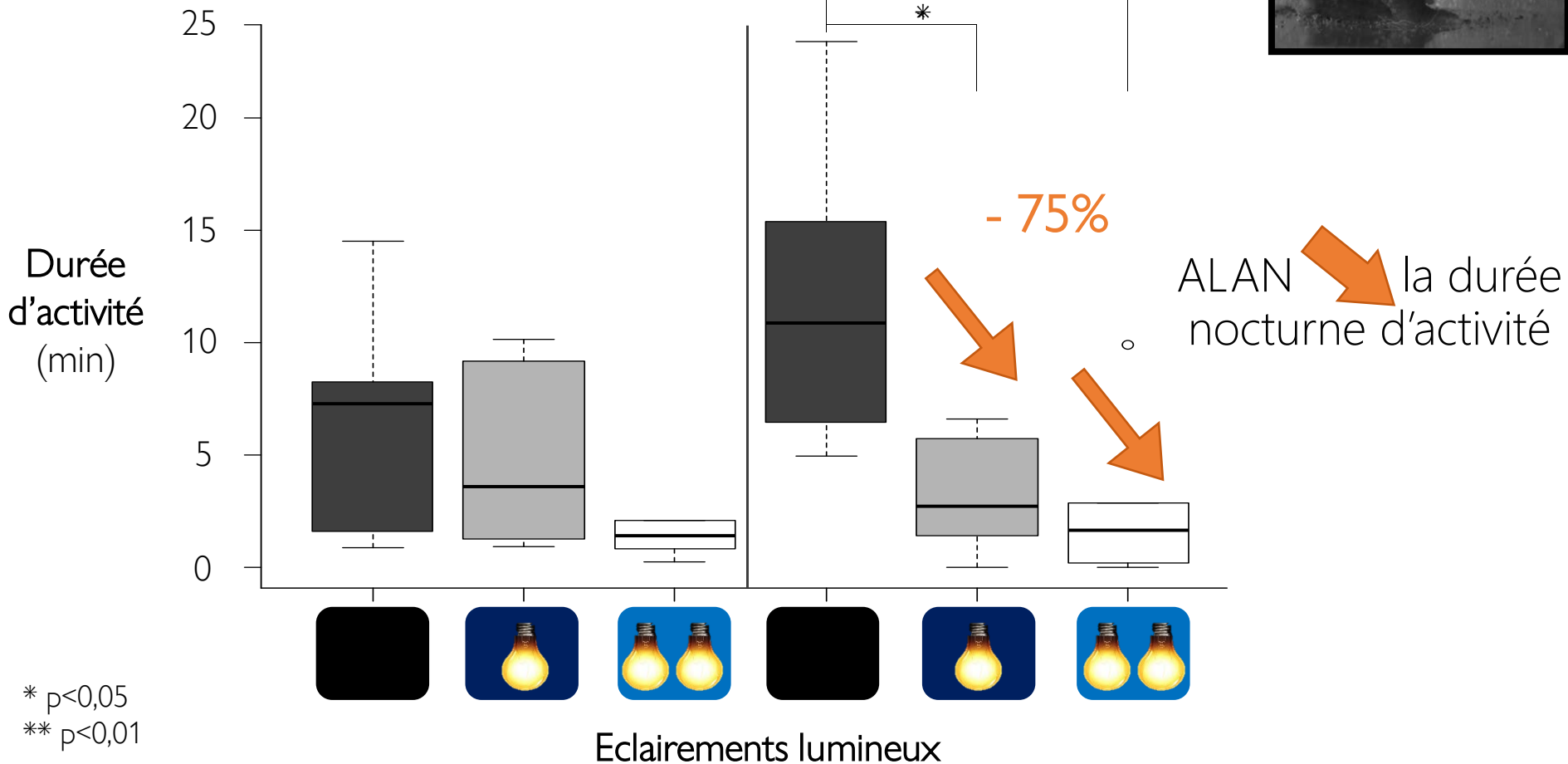
# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 1 : Influence d'ALAN sur l'activité et le métabolisme



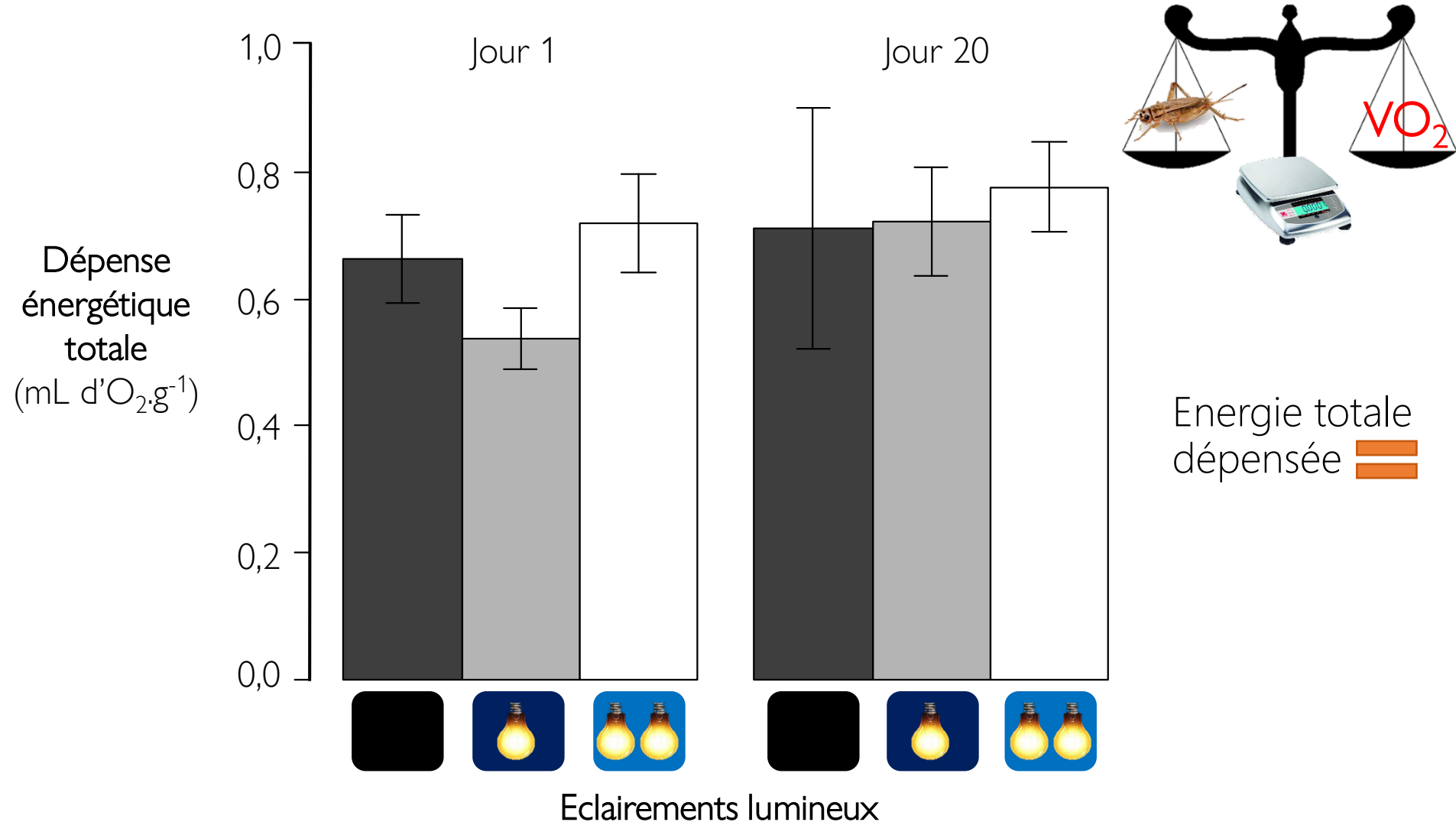
# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 1 : Influence d'ALAN sur l'activité et le métabolisme



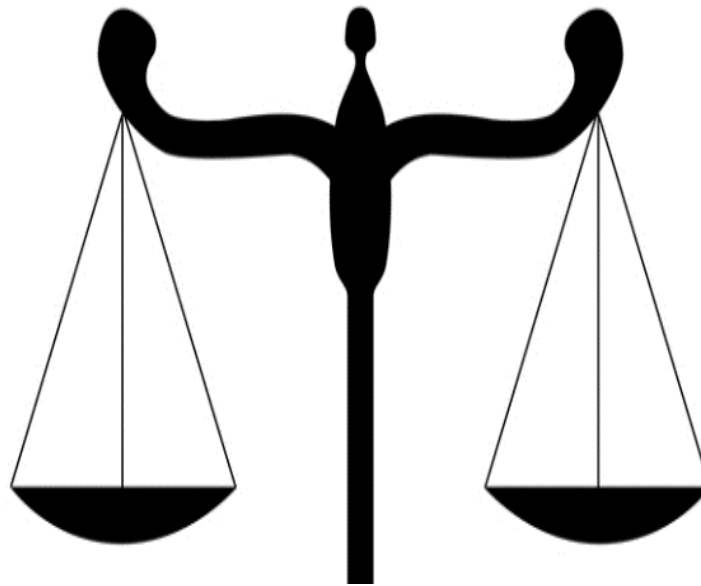
# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 1 : Influence d'ALAN sur l'activité et le métabolisme



## Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

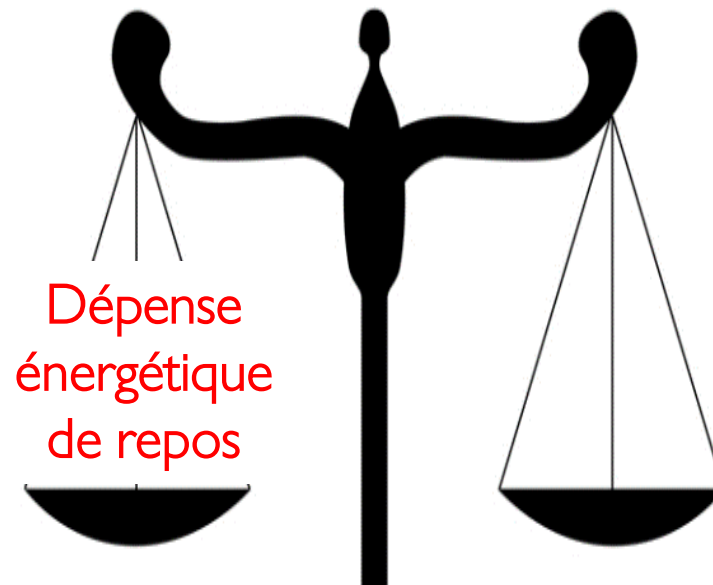
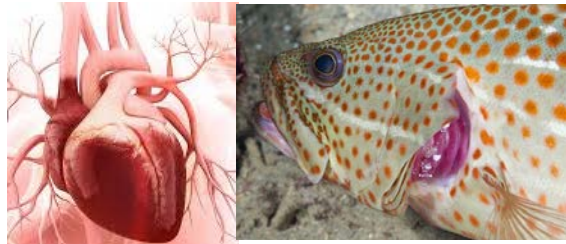
### Etude 1 : Influence d'ALAN sur l'activité et le métabolisme



Dépense énergétique totale

# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 1 : Influence d'ALAN sur l'activité et le métabolisme

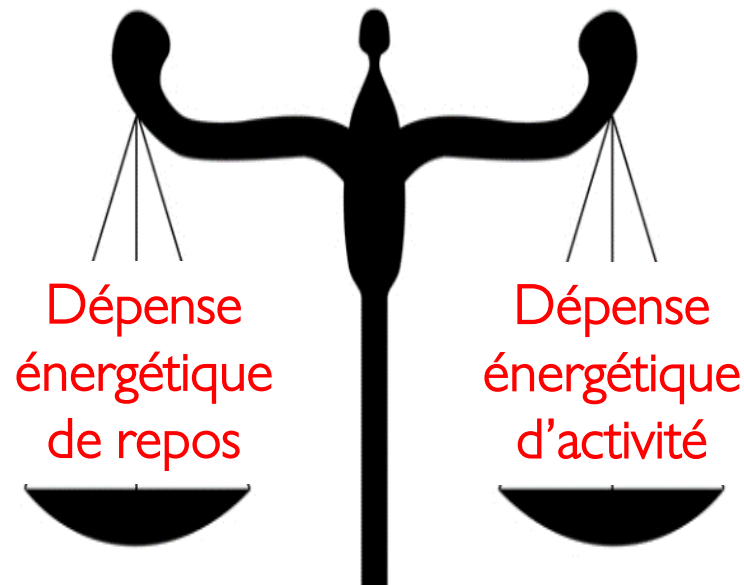
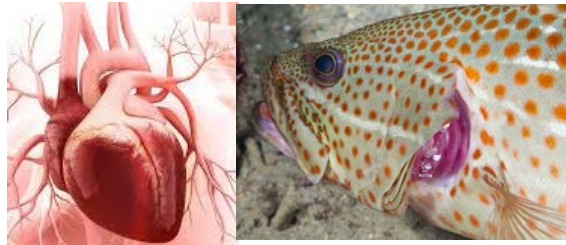


Dépense énergétique totale



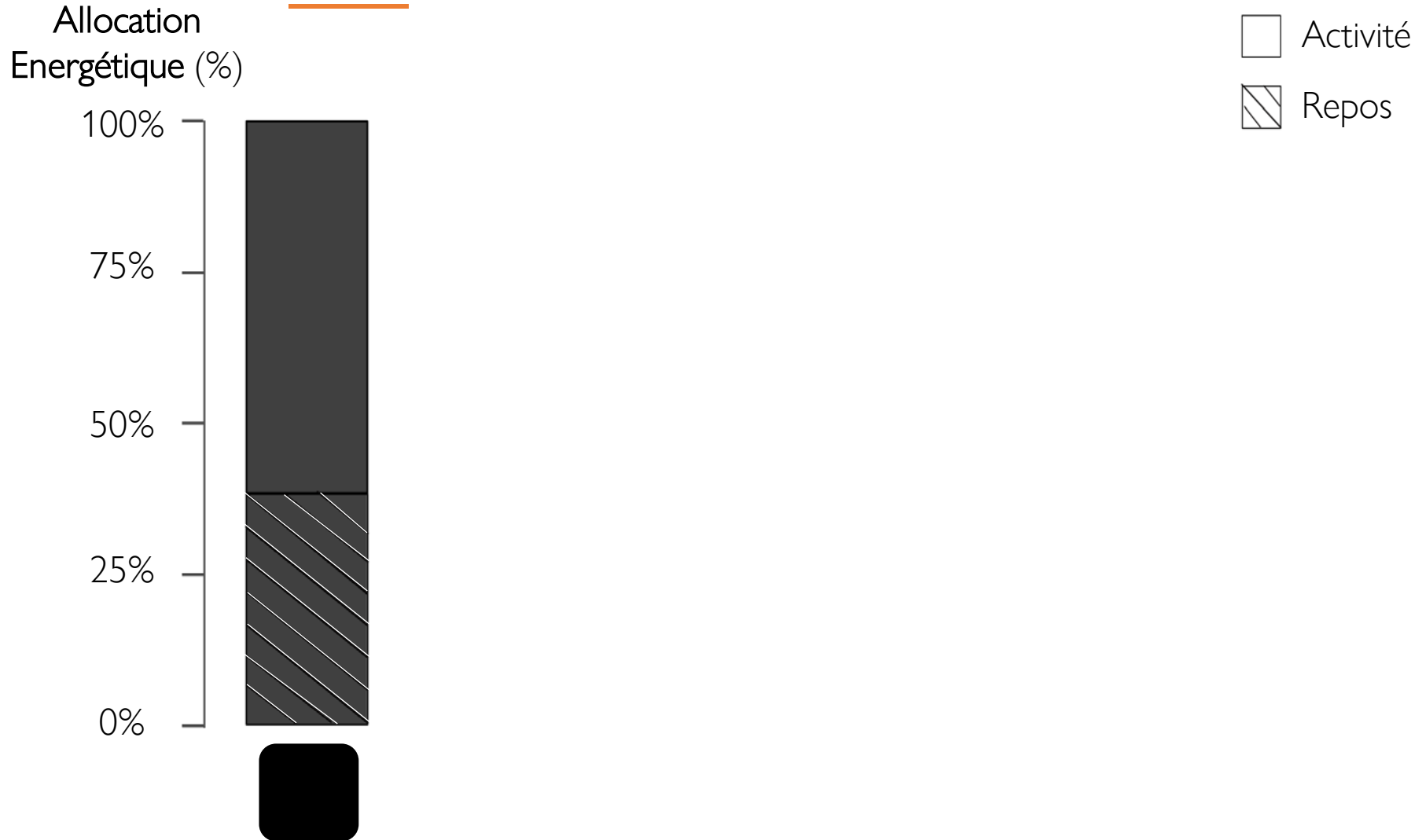
# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 1 : Influence d'ALAN sur l'activité et le métabolisme



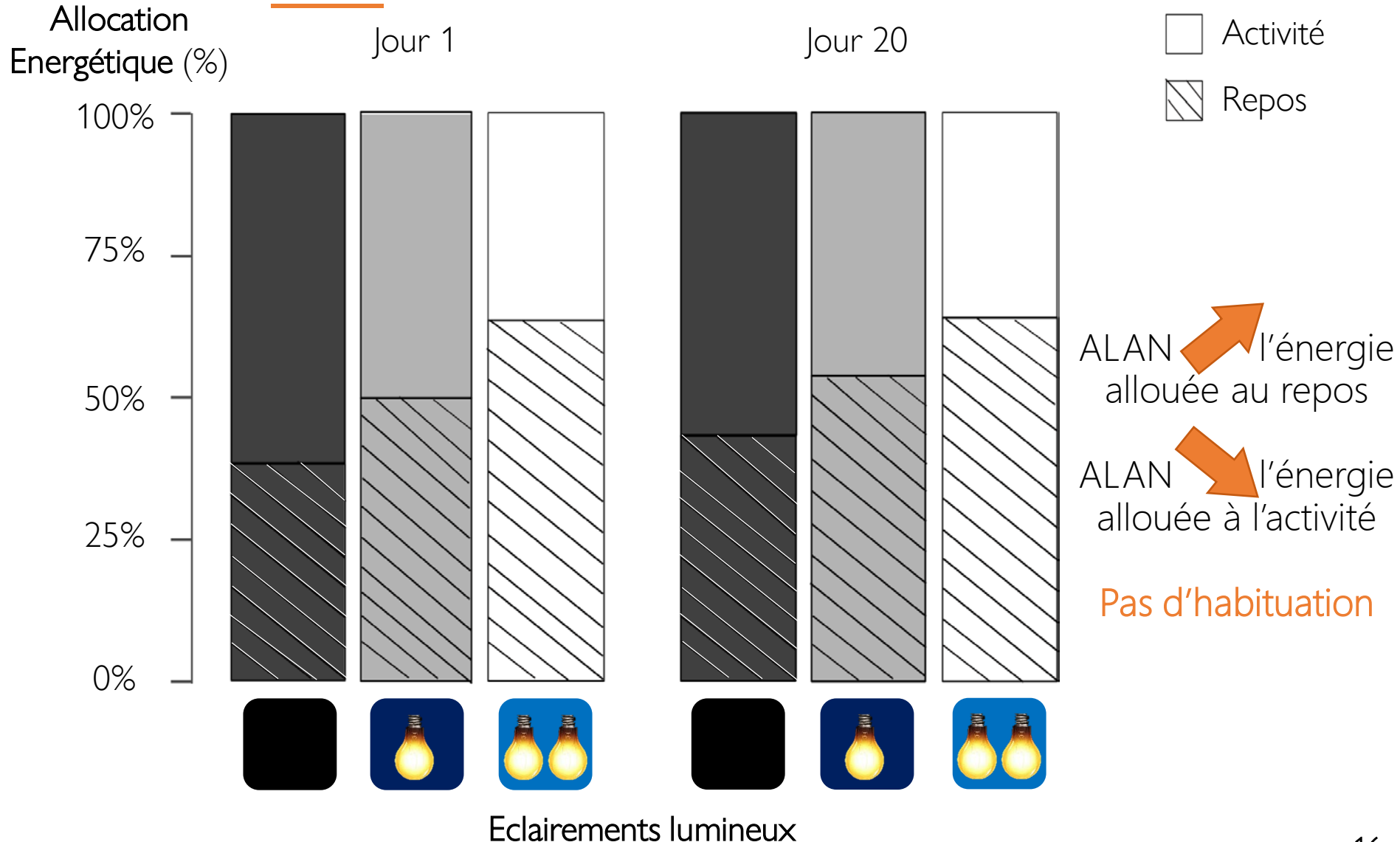
# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 1 : Influence d'ALAN sur l'activité et le métabolisme



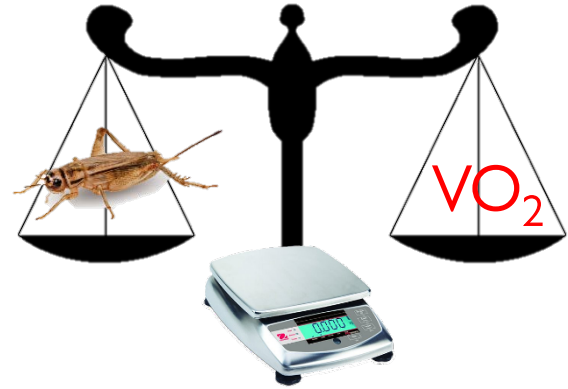
# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 1 : Influence d'ALAN sur l'activité et le métabolisme



# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 1 : Influence d'ALAN sur l'activité et le métabolisme

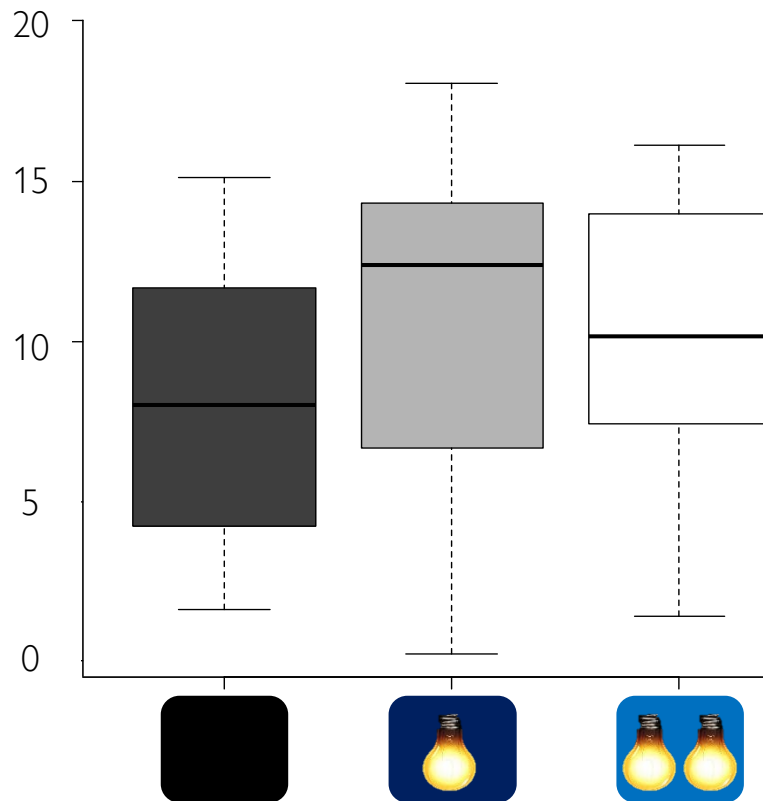


# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 1 : Influence d'ALAN sur l'activité et le métabolisme

prise alimentaire 

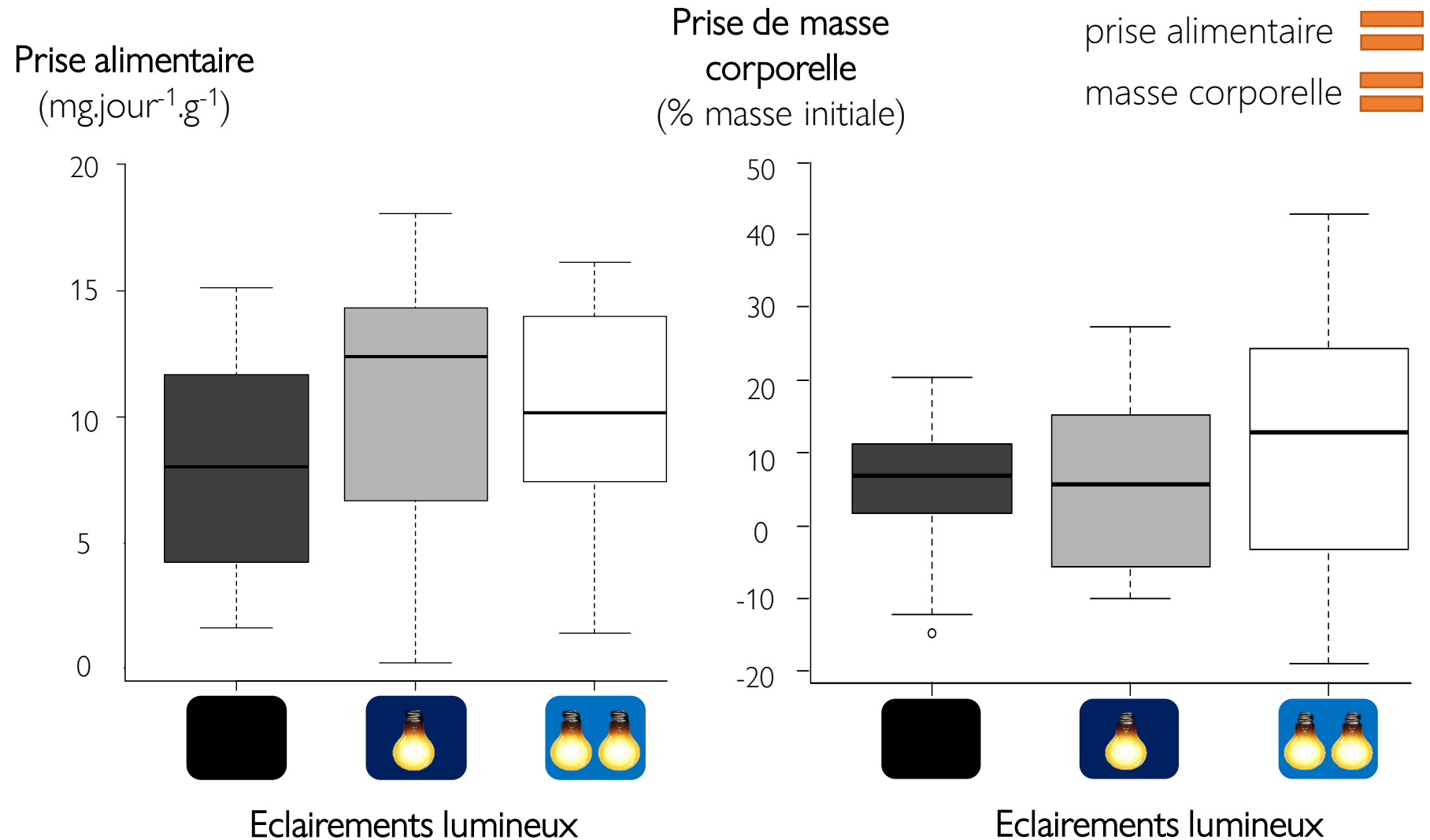
Prise alimentaire  
(mg.jour<sup>-1</sup>.g<sup>-1</sup>)



Eclairements lumineux

# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 1 : Influence d'ALAN sur l'activité et le métabolisme





# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 2 : Influence d'ALAN sur l'activité et la masse corporelle



Behavioral  
Ecology

The official journal of the

**ISBE**

International Society for Behavioral Ecology

Behavioral Ecology (2021), XX(XX), 1–9. doi:10.1093/beheco/Arab044

### Original Article

## Artificial light at night alters activity, body mass, and corticosterone level in a tropical anuran

Jean Secondi,<sup>a,b,\*</sup> Nathalie Mondy,<sup>a,\*</sup> Jérôme Marcel Walter Gippet,<sup>a,c,\*</sup> Morgane Touzot,<sup>a,\*</sup> Vanessa Gardette,<sup>a</sup> Ludovic Guillard,<sup>a</sup> and Thierry Lengagne,<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, ENTPE, UMR5023 LEHNA, F-69622, Villeurbanne, France, <sup>b</sup>Faculté des Sciences, Université d'Angers, 49045 Angers, France, and <sup>c</sup>Department of Ecology and Evolution, University of Lausanne, Le Biophore, UNIL-Sorge, 1015 Lausanne, Switzerland

Received 5 August 2020; revised 25 March 2021; editorial decision 5 April 2021; accepted 22 April 2021.

Photoperiod is a major factor regulating biological rhythms in animals and plants. At low latitudes, annual variation in daylength is low and species are expected to strongly rely on photic cues to reset their circadian clocks. A corollary is that individuals should be strongly affected by sudden changes in the photic regime as those generated by artificial light at night (ALAN). We tested this hypothesis in an anuran in Costa Rica (10°N). Using an outdoor experimental design, we exposed adult cane toads *Rhinella marina*, a broadly distributed tropical anuran species to two ALAN intensities (0.04 and 5 lx). Locomotor activity was reduced at the lowest intensity, and the activity pattern shifted from crepuscular to nocturnal. Contrary to humans and mice in which ALAN favor obesity, toads from the two exposed groups did not gain mass whereas controls did. Corticosterone was reduced at the highest intensity, a possible consequence of the reduced activity of toads or the altered regulation of their circadian pattern. Thus, the behavioral and physiological disruption that we observed supports the hypothesis of the strong reliance on photic cues to regulate circadian rhythms and control homeostasis in this intertropical anuran. Furthermore, our results suggest that the negative effects of ALAN on physiology, in particular body mass regulation, may differ between vertebrate groups, thus preventing anticipated generalization before more comparative studies have been carried out. We stress the importance of considering the impact of the changing nocturnal environment in the intertropical zone which host the largest fraction of biodiversity.

**Key words:** activity pattern, amphibian, light pollution, metabolism, *Rhinella marina*, stress.



Crapaud buffle,  
*Rhinella marina*

[13]

# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 2 : Influence d'ALAN sur l'activité et la masse corporelle



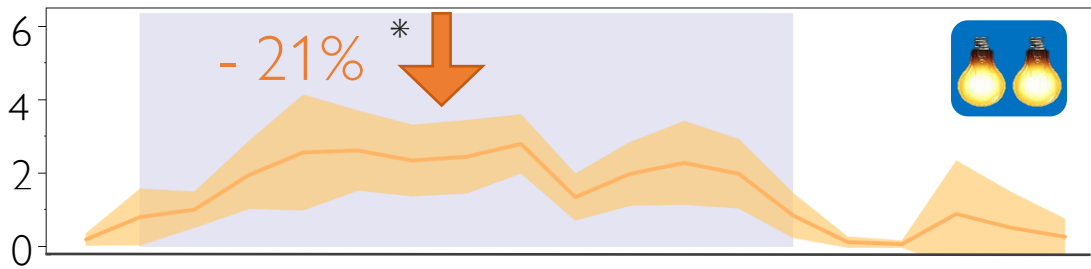
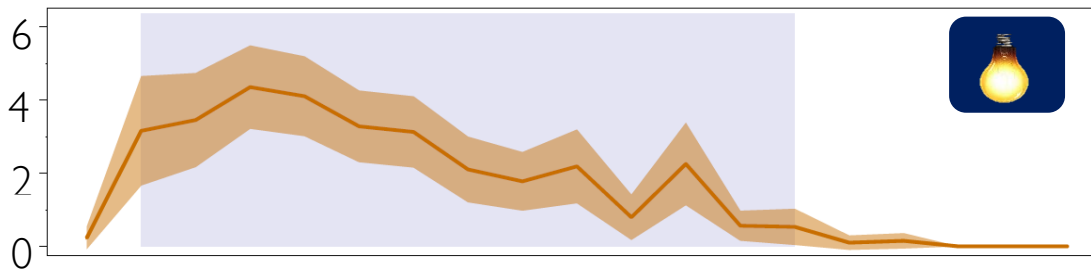
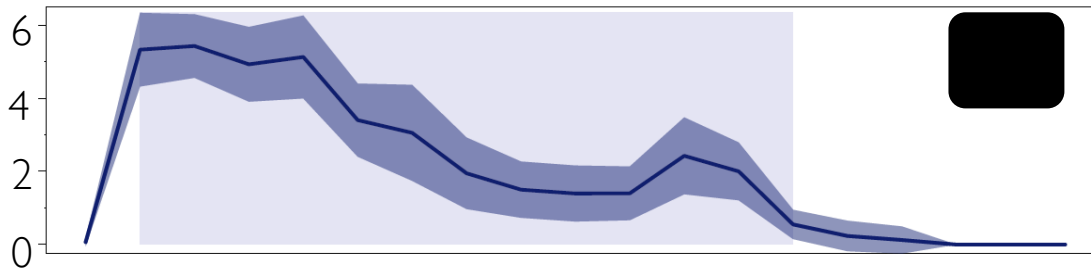
Patron commun de  
conséquences biologiques



Crapaud buffle,  
*Rhinella marina*

# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 2 : Influence d'ALAN sur l'activité et la masse corporelle



17:00 19:00 21:00 23:00 01:00 03:00 05:00 07:00 09:00 11:00

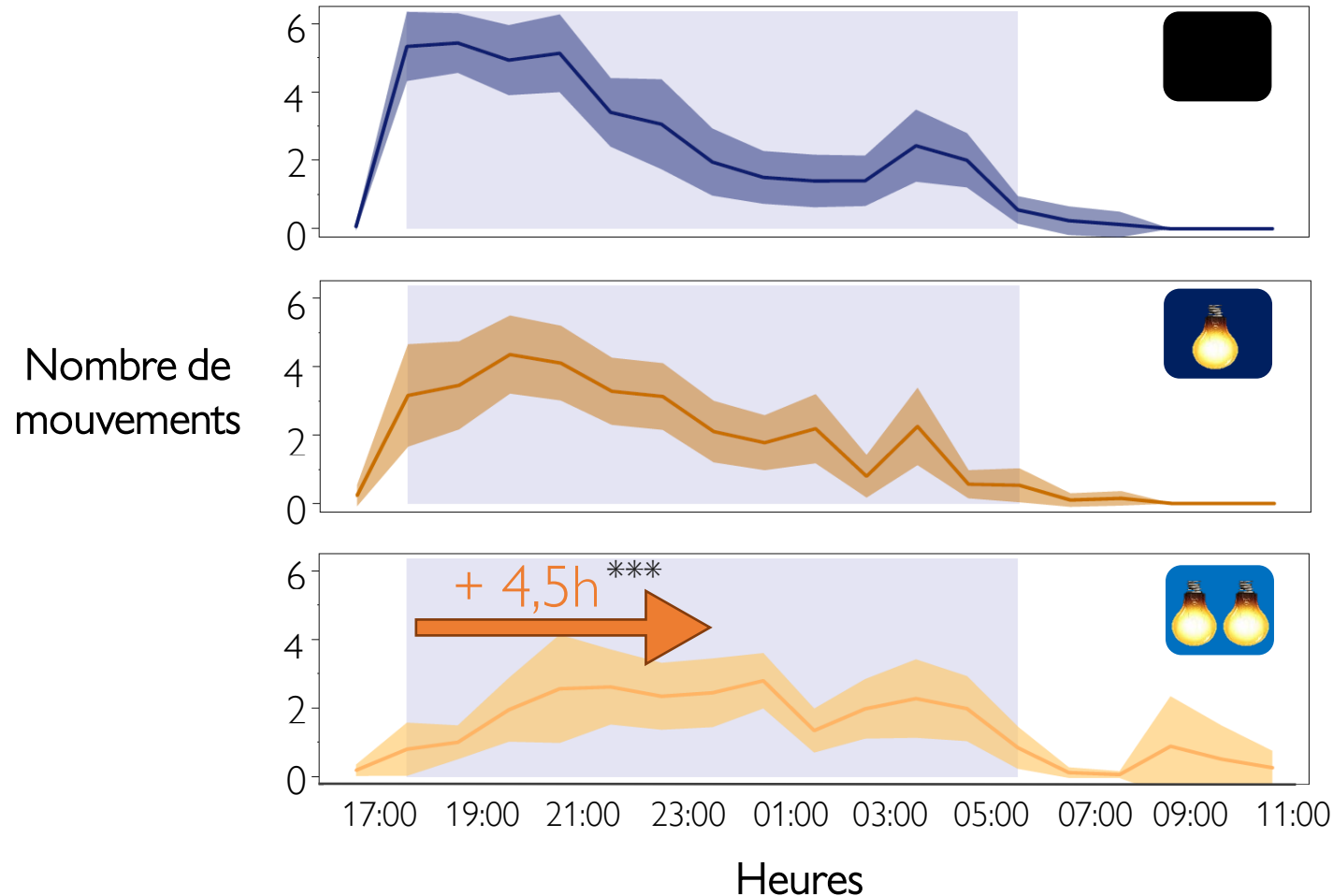
Heures

ALAN  l'intensité de l'activité maximale

\*  $p < 0,05$

# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 2 : Influence d'ALAN sur l'activité et la masse corporelle



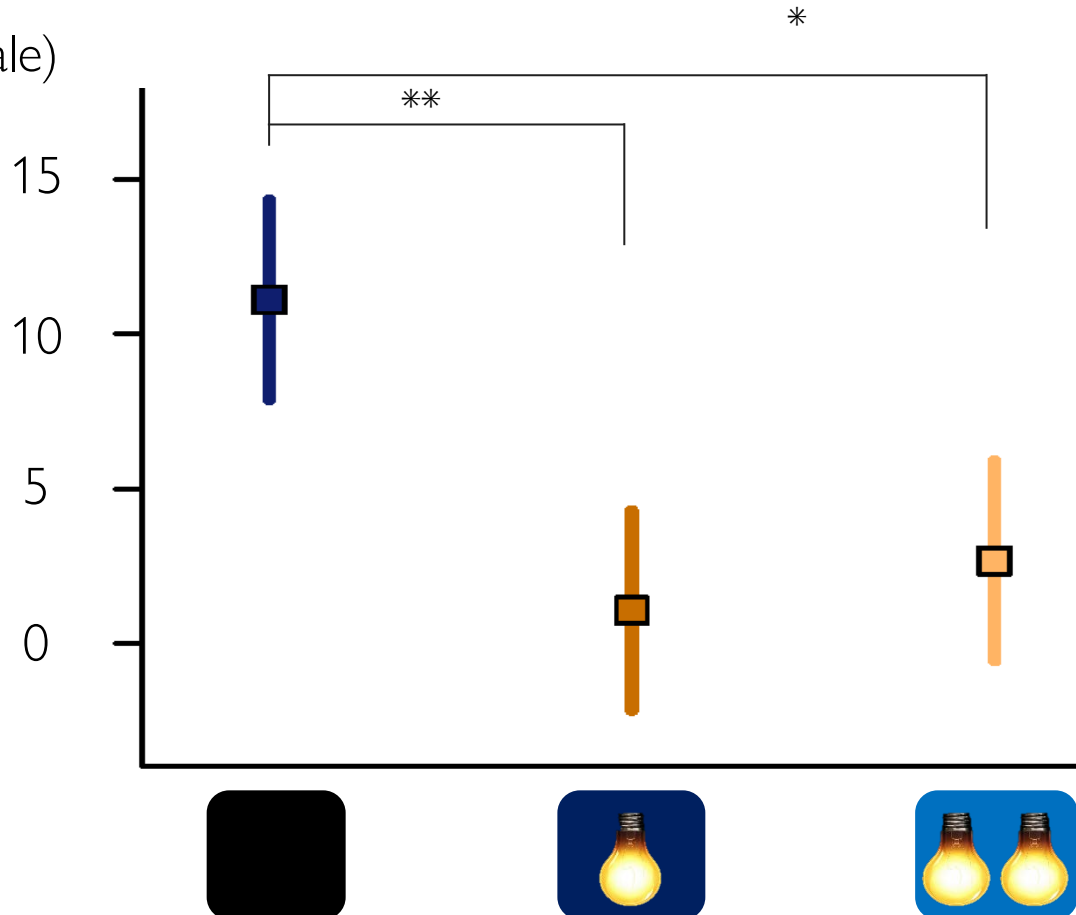
ALAN **retarde** l'activité maximale

\*\*\*  $p < 0,001$

# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 2 : Influence d'ALAN sur l'activité et la masse corporelle

Prise de masse  
corporelle  
(% masse initiale)



ALAN → la prise de la masse corporelle

\* p < 0,05

\*\* p < 0,01



## Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales



Crapaud commun,  
*Bufo bufo*



Crapaud buffle,  
*Rhinella marina*



## Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales



Crapaud commun,  
*Bufo bufo*

ALAN  la durée et  
l'intensité de l'activité physique



Crapaud buffle,  
*Rhinella marina*

## Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

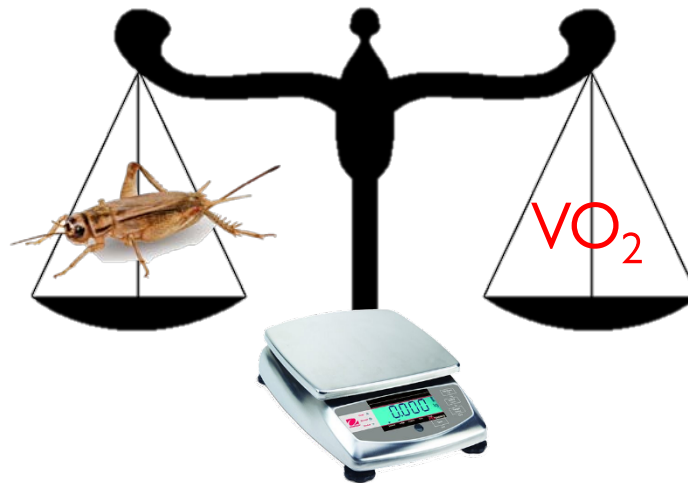


Crapaud commun,  
*Bufo bufo*

ALAN  la durée et  
l'intensité de l'activité physique



Crapaud buffle,  
*Rhinella marina*



# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

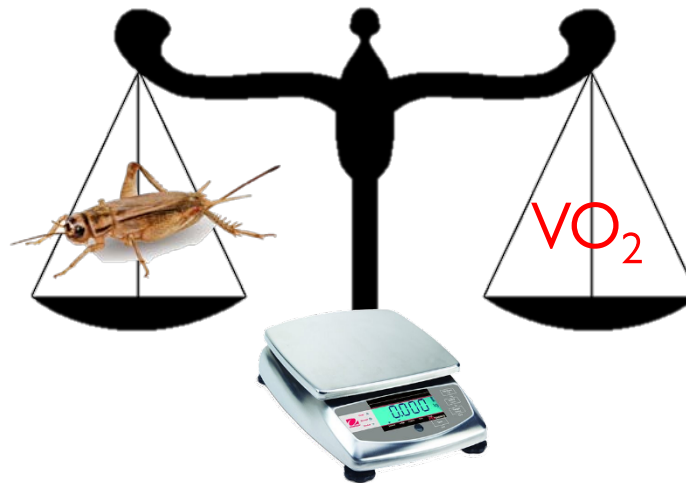
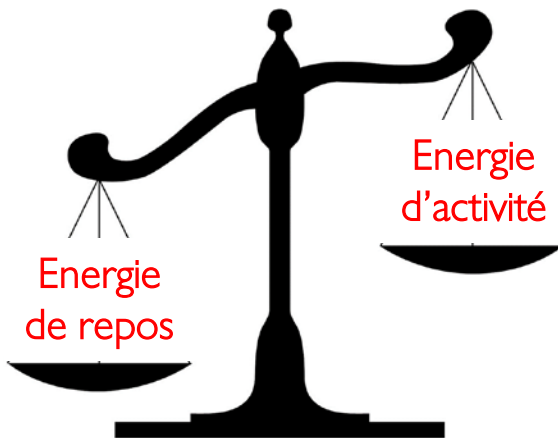


Crapaud commun,  
*Bufo bufo*

ALAN  la durée et  
l'intensité de l'activité physique



Crapaud buffle,  
*Rhinella marina*



# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 3 : Influence d'ALAN sur le comportement et le succès reproducteur

Environmental Pollution 259 (2020) 113883

Contents lists available at ScienceDirect

**Environmental Pollution**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/envpol](http://www.elsevier.com/locate/envpol)

**Artificial light at night alters the sexual behaviour and fertilisation success of the common toad<sup>☆</sup>**

Morgane Touzot<sup>a,\*</sup>, Thierry Lengagne<sup>a</sup>, Jean Secondi<sup>a,b</sup>, Emmanuel Desouhant<sup>c</sup>, Marc Théry<sup>d</sup>, Adeline Dumet<sup>a</sup>, Claude Duchamp<sup>a</sup>, Nathalie Mondy<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, ENTPE, UMR5023 LEHNA, Villeurbanne, F-69622, France  
<sup>b</sup> Faculté des Sciences, Université d'Angers, 49045, Angers, France  
<sup>c</sup> Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, UMR5558 LBBE, Villeurbanne, F-69622, France  
<sup>d</sup> Centre National de la Recherche Scientifique, Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), UMR 7179, Brunoy, F-91800, France

**ARTICLE INFO**

**Article history:**  
Received 10 October 2019  
Received in revised form 23 December 2019  
Accepted 24 December 2019  
Available online 7 January 2020

**Keywords:**  
Fitness  
Reproduction  
Amphibian  
Anthropogenic light pollution  
Behaviour

**ABSTRACT**

Artificial Light At Night (ALAN) is an emerging pollution, that dramatically keeps on increasing world-wide due to urbanisation and transport infrastructure development. In 2016, it nearly affected 23% of the Earth's surface. To date, all terrestrial and aquatic ecosystems have been affected. The disruption of natural light cycles due to ALAN is particularly expected for nocturnal species, which require dark periods to forage, move, and reproduce. Apart from chiropterans, amphibians contain the largest proportion of nocturnal species among vertebrates exhibiting an unfavourable conservation status in most parts of the world and living in ALAN polluted areas. Despite the growing number of studies on this subject, our knowledge on the direct influence of nocturnal lighting on amphibians is still scarce. To better understand the consequences of ALAN on the breeding component of amphibian fitness, we experimentally exposed male breeding common toads (*Bufo bufo*) to ecologically relevant light intensities of 0.01 (control), 0.1 or 5 lux for 12 days. At mating, exposed males took longer than controls to form an amplexus, i.e. to pair with a female, and broke amplexus before egg laying, while controls never did. These behavioural changes were associated with fitness alteration. The fertilisation rate of 5 lux-exposed males was reduced by 25%. Salivary testosterone, which is usually correlated with reproductive behaviours, was not altered by ALAN. Our study demonstrates that ALAN can affect the breeding behaviour of anuran species and reduce one component of their fitness. Given the growing importance of ALAN, more work is needed to understand its long-term consequences on the behaviour and physiology of individuals. It appears essential to identify deleterious effects for animal populations and propose appropriate management solutions in an increasingly brighter world.

© 2020 Elsevier Ltd. All rights reserved.



Crapaud commun,  
*Bufo bufo*

[14]

## Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

### Etude 3 : Influence d'ALAN sur le comportement et le succès reproducteur





# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 3 : Influence d'ALAN sur le comportement et le succès reproducteur

12 jours

♂

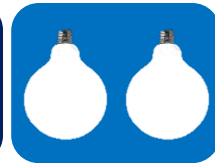


0,01 lux

0,1 lux

5 lux

Nuit



Jour

250 lux

♀



Nuit

0,01 lux

Jour

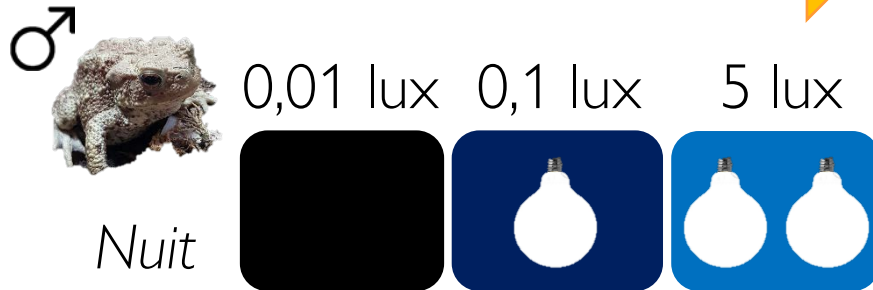
250 lux



# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 3 : Influence d'ALAN sur le comportement et le succès reproducteur

12 jours



Jour

250 lux



Nuit

0,01 lux

Jour

250 lux

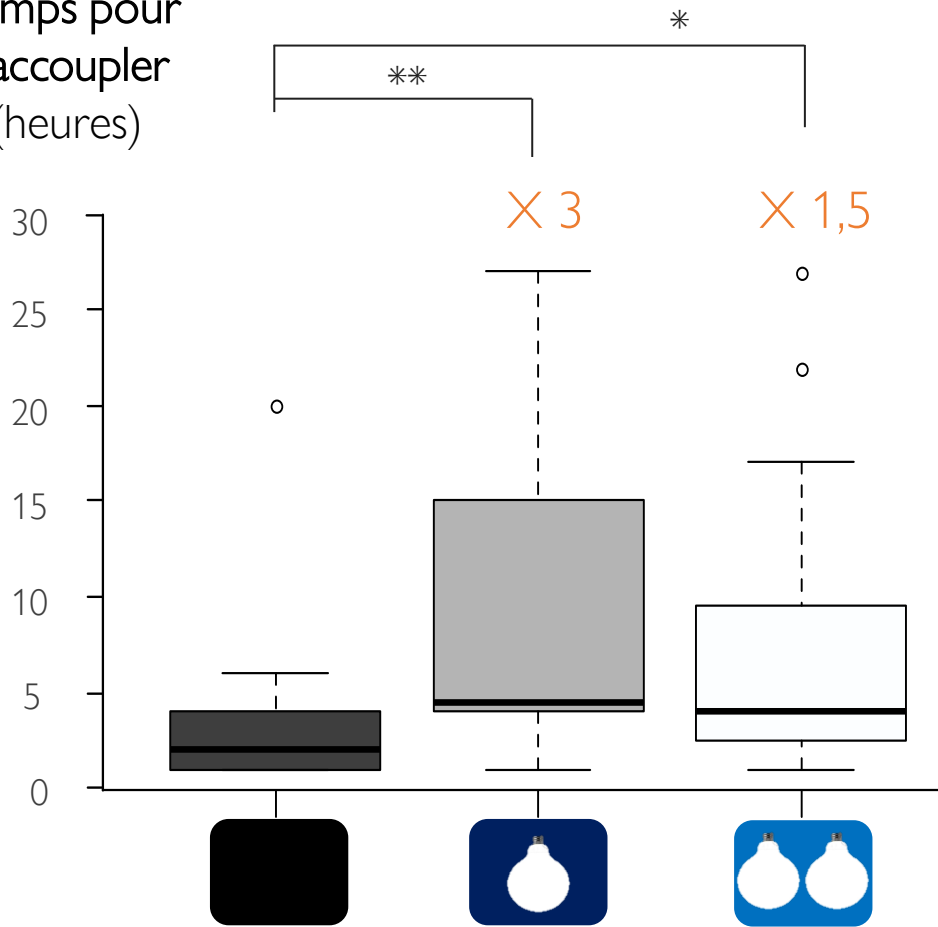


# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 3 : Influence d'ALAN sur le comportement et le succès reproducteur



Temps pour  
s'accoupler  
(heures)



ALAN  le temps pour s'accoupler

\*  $p < 0,05$

\*\*  $p < 0,01$

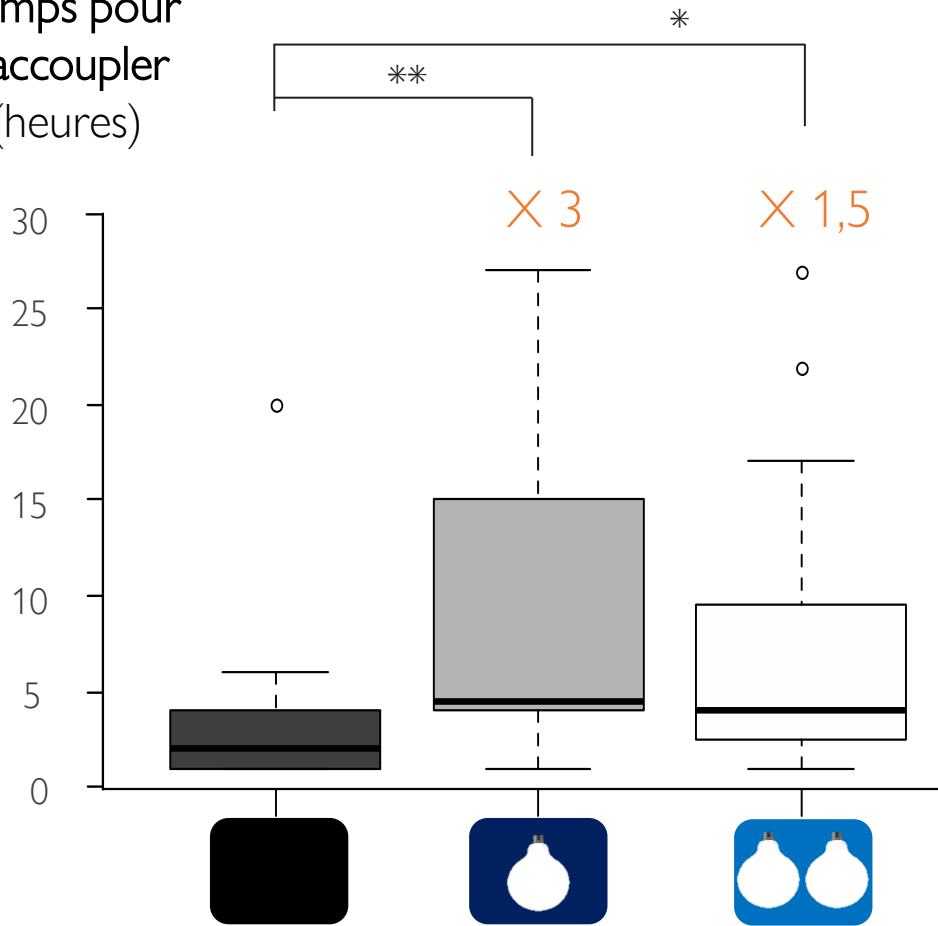
Eclairages lumineux

# Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

## Etude 3 : Influence d'ALAN sur le comportement et le succès reproducteur



Temps pour s'accoupler (heures)



|                                |     |    |    |
|--------------------------------|-----|----|----|
| Eclairements lumineux          |     |    |    |
| Maintien de l'accouplement (%) | 100 | 80 | 90 |

ALAN le temps pour s'accoupler

ALAN le maintien de l'accouplement

\*  $p < 0,05$   
 \*\*  $p < 0,01$

Eclairements lumineux

## Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

### Etude 3 : Influence d'ALAN sur le comportement et le succès reproducteur



ALAN  de 25%  
le nombre d'œufs fécondés

## Axe 1 : Conséquences physiologiques et comportementales

### Etude 3 : Influence d'ALAN sur le comportement et le succès reproducteur



ALAN  de 25%  
le nombre d'œufs fécondés

Concentration en  
testostérone 



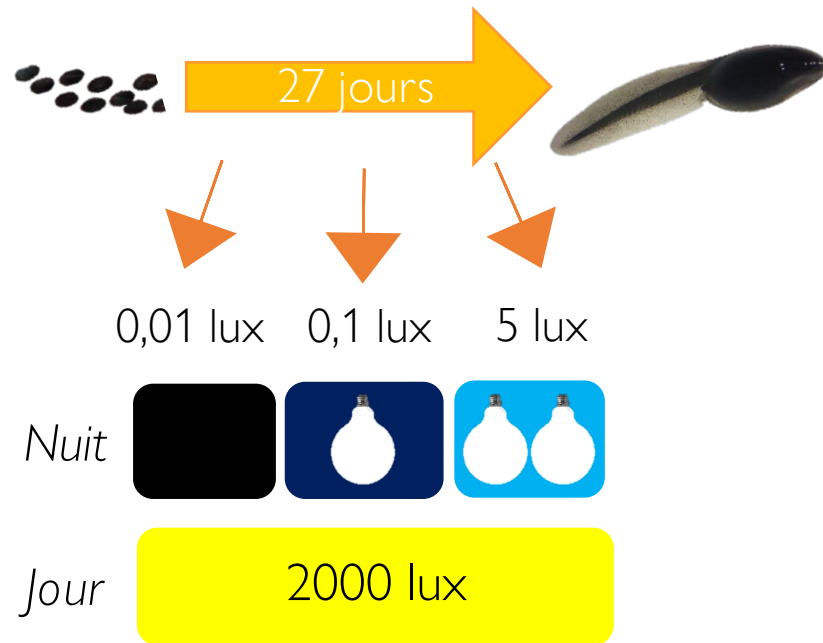
## Axe 2 : Conséquences moléculaires

### Etude 4 : Influence d'ALAN sur l'expression de gènes



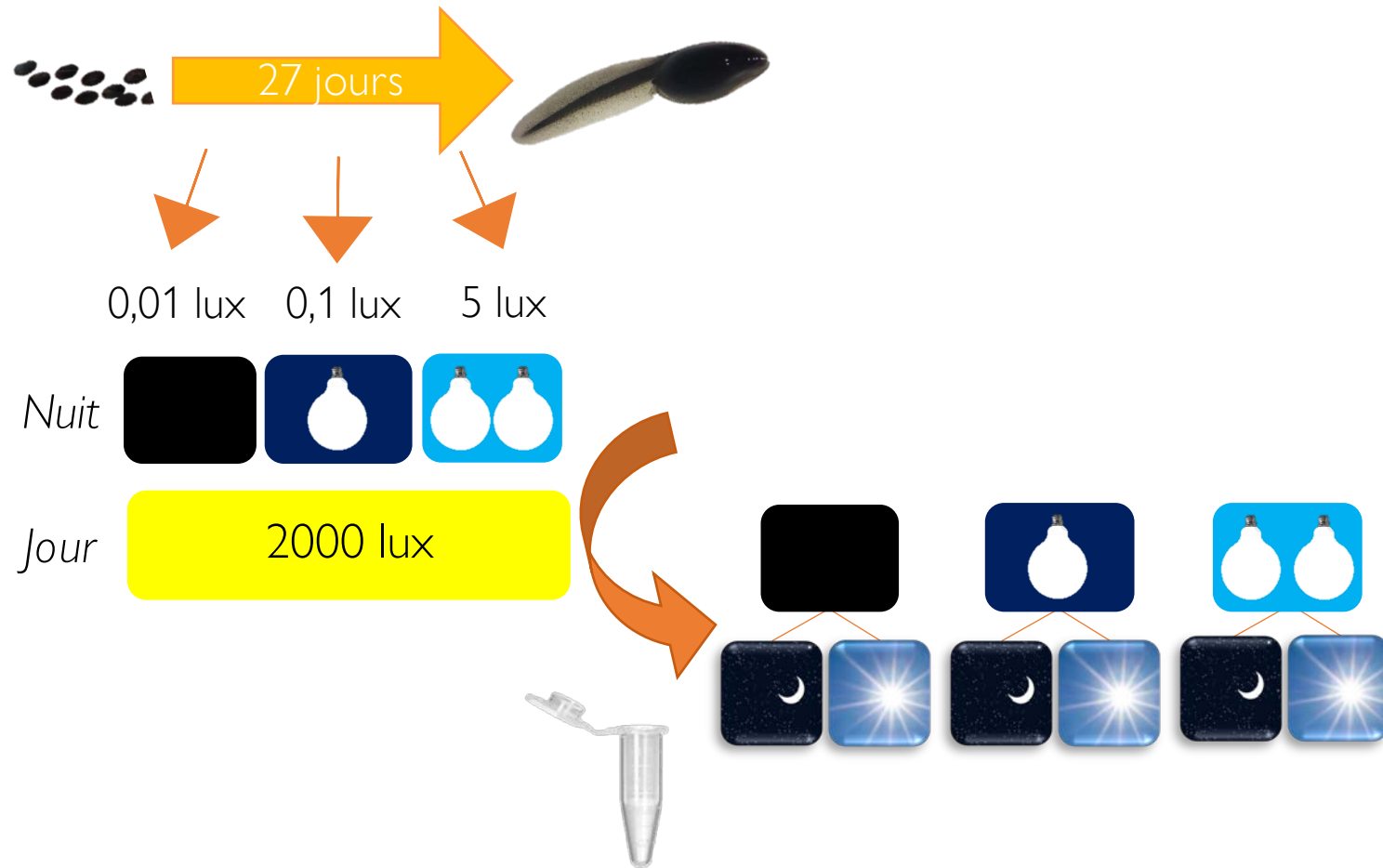
## Axe 2 : Conséquences moléculaires

### Etude 4 : Influence d'ALAN sur l'expression de gènes



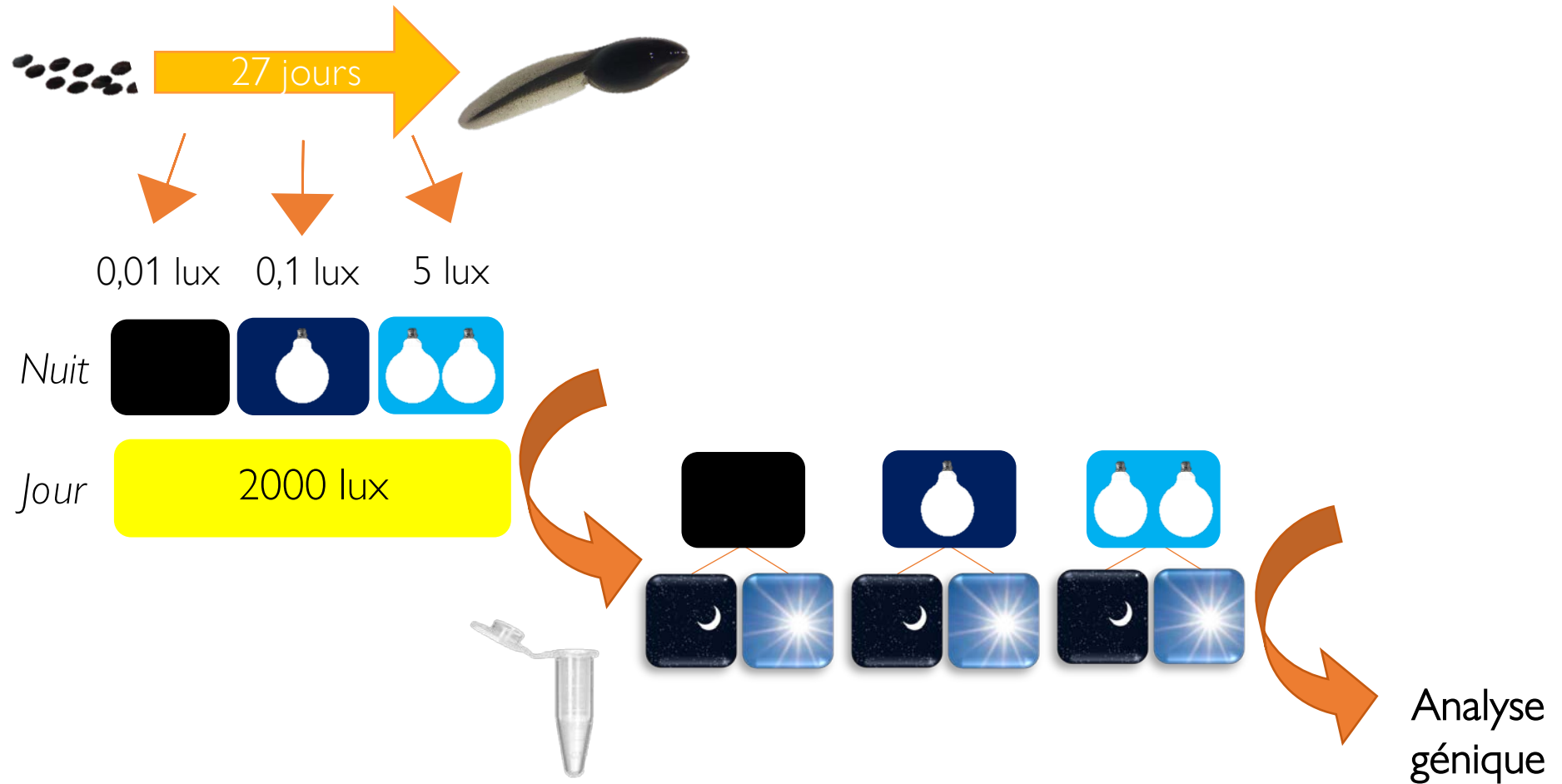
## Axe 2 : Conséquences moléculaires

### Etude 4 : Influence d'ALAN sur l'expression de gènes



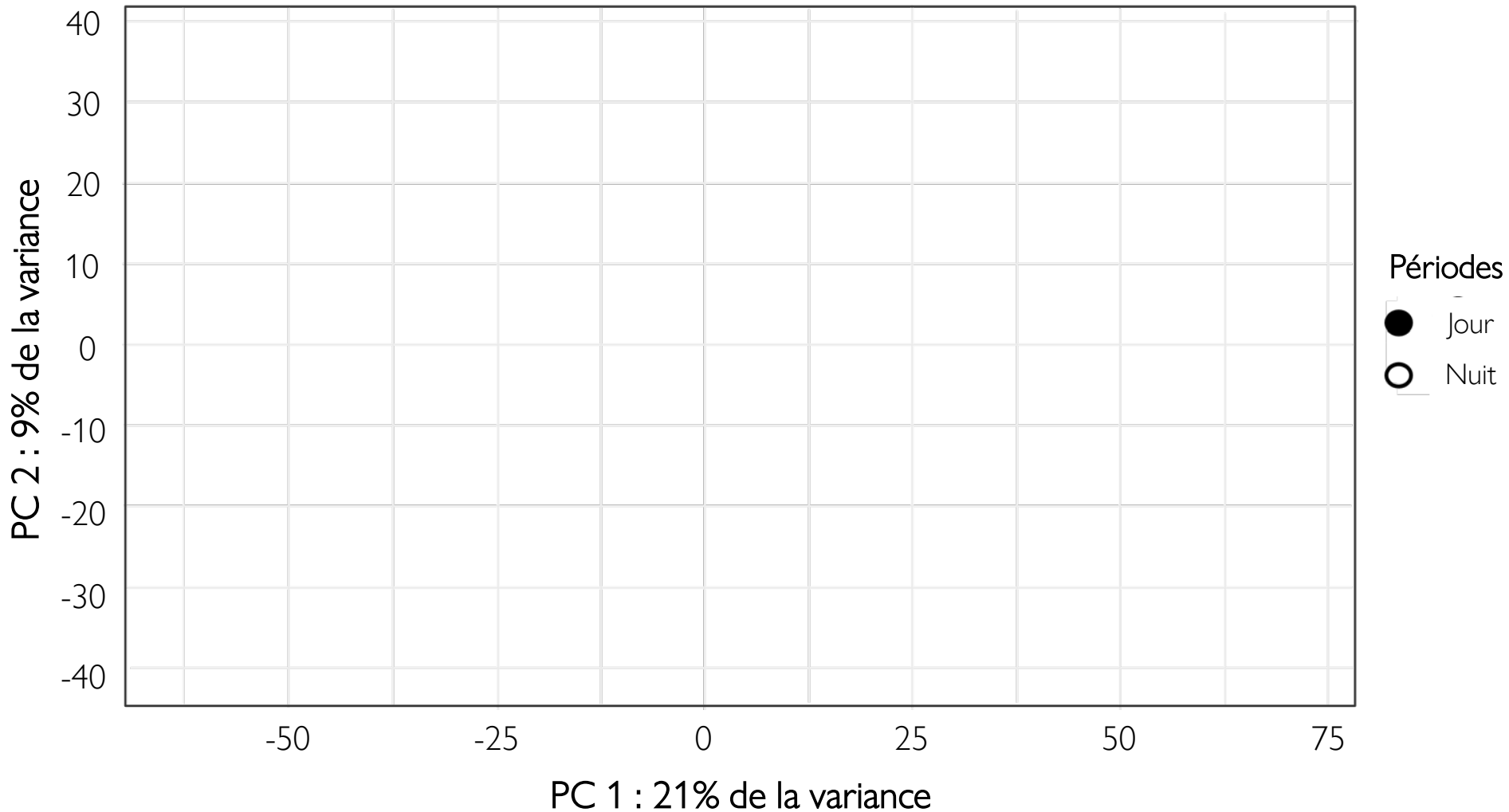
## Axe 2 : Conséquences moléculaires

### Etude 4 : Influence d'ALAN sur l'expression de gènes



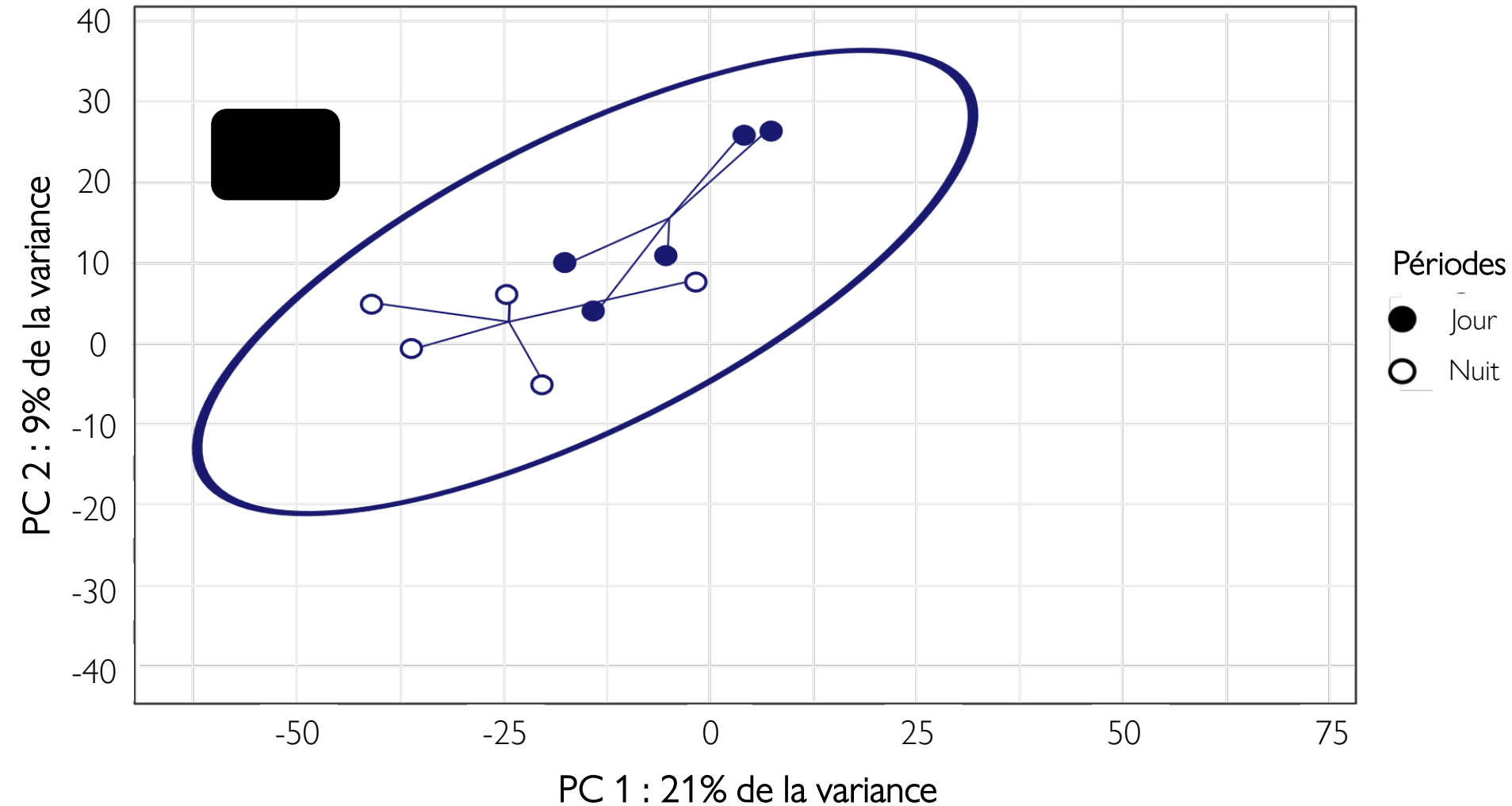
## Axe 2 : Conséquences moléculaires

### Etude 4 : Influence d'ALAN sur l'expression de gènes



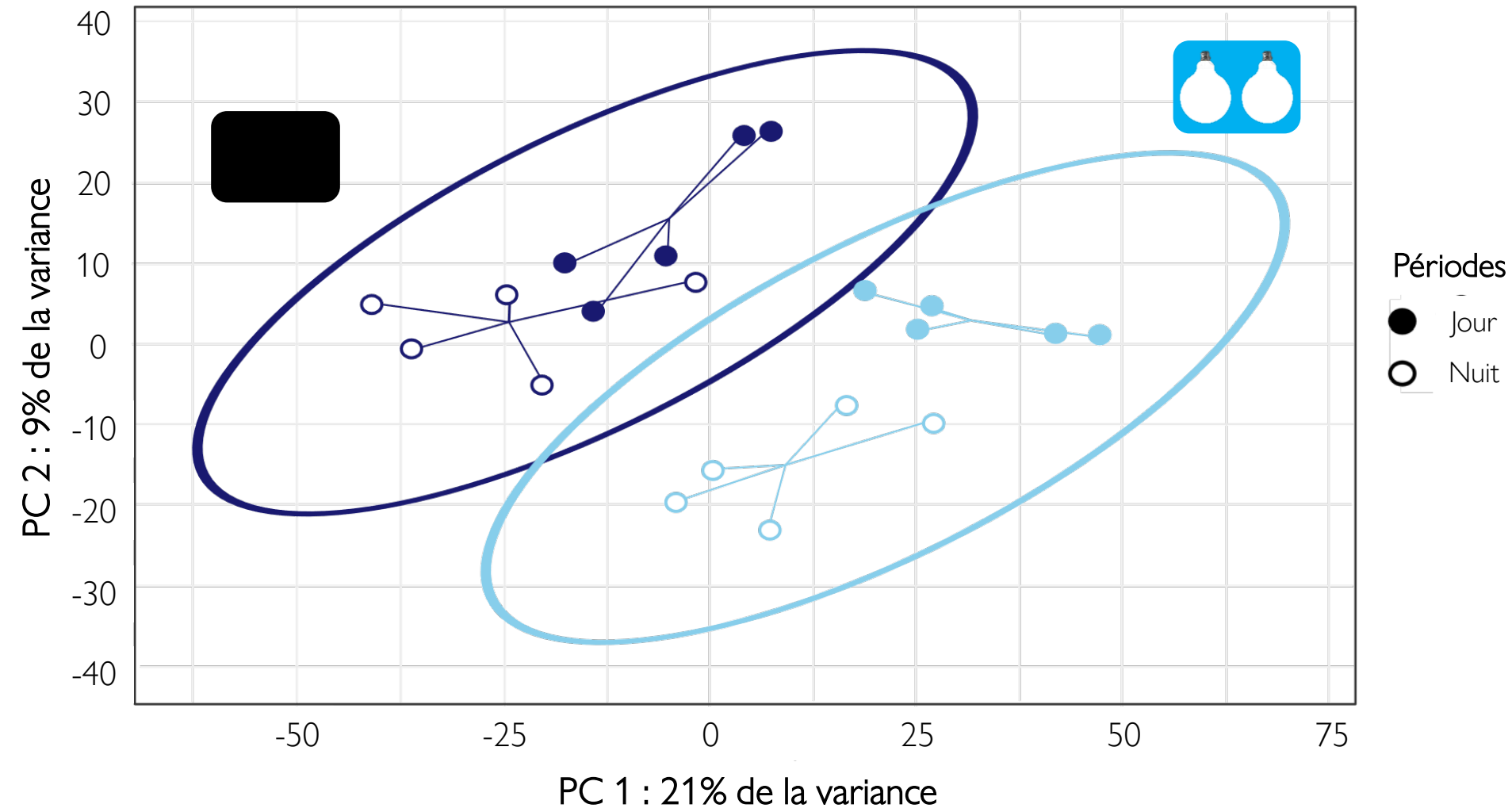
## Axe 2 : Conséquences moléculaires

## Etude 4 : Influence d'ALAN sur l'expression de gènes



## Axe 2 : Conséquences moléculaires

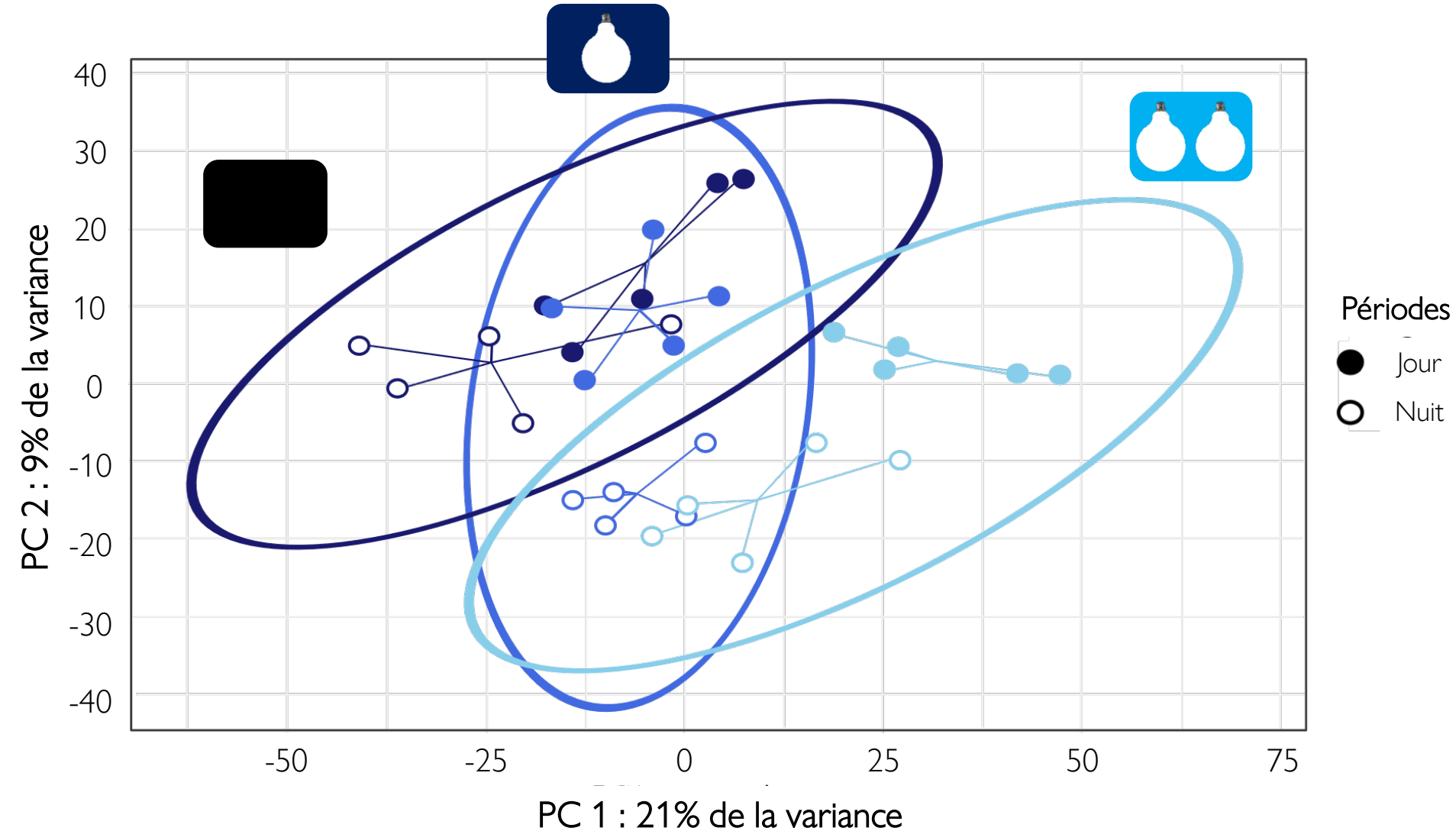
## Etude 4 : Influence d'ALAN sur l'expression de gènes





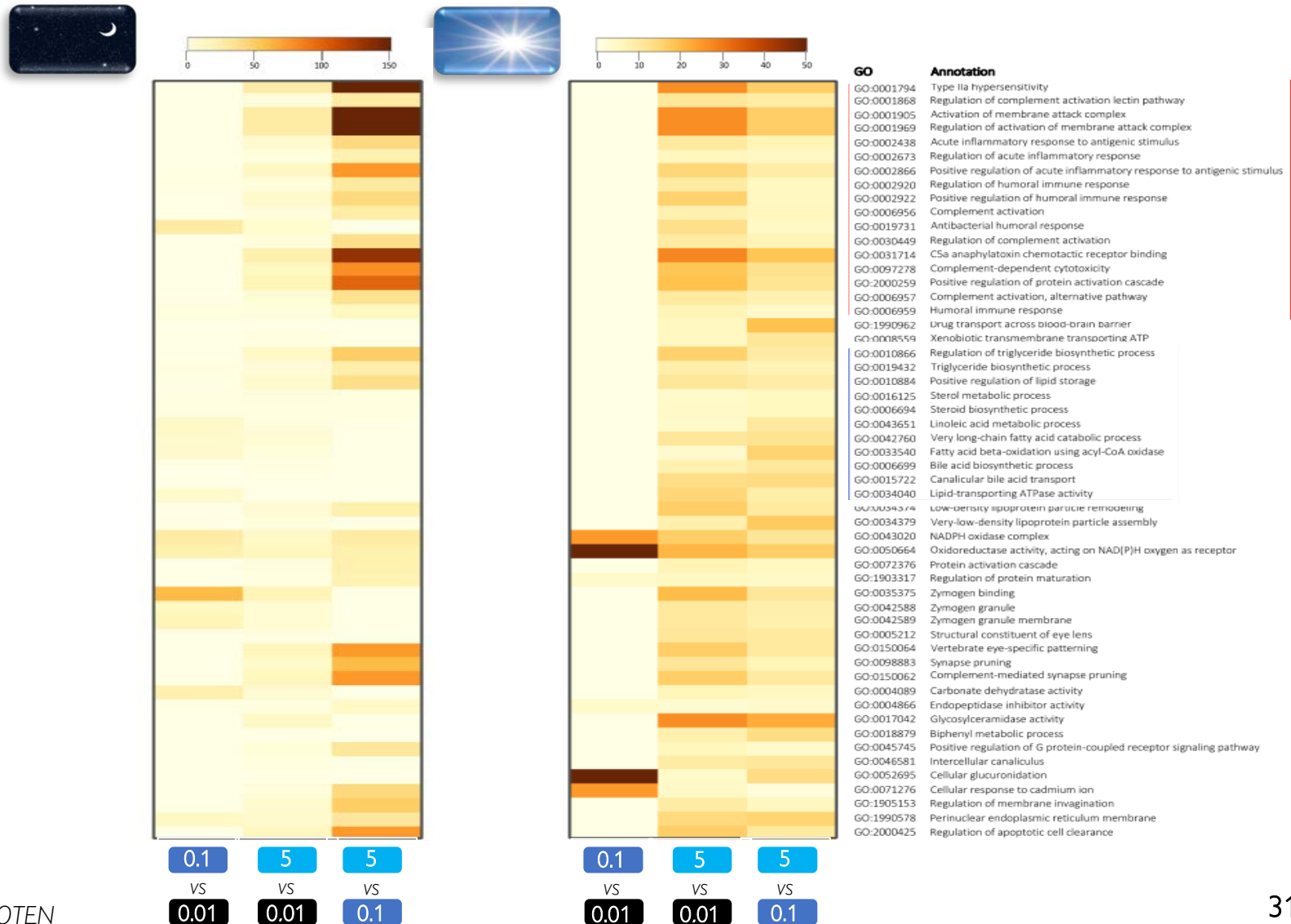
## Axe 2 : Conséquences moléculaires

## Etude 4 : Influence d'ALAN sur l'expression de gènes



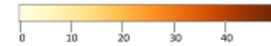
## Axe 2 : Conséquences moléculaires

### Etude 4 : Influence d'ALAN sur l'expression de gènes

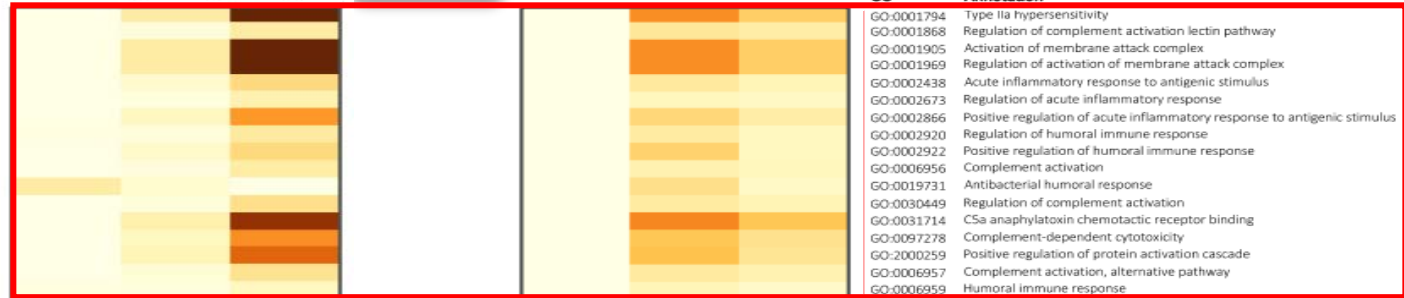


## Axe 2 : Conséquences moléculaires

### Etude 4 : Influence d'ALAN sur l'expression de gènes

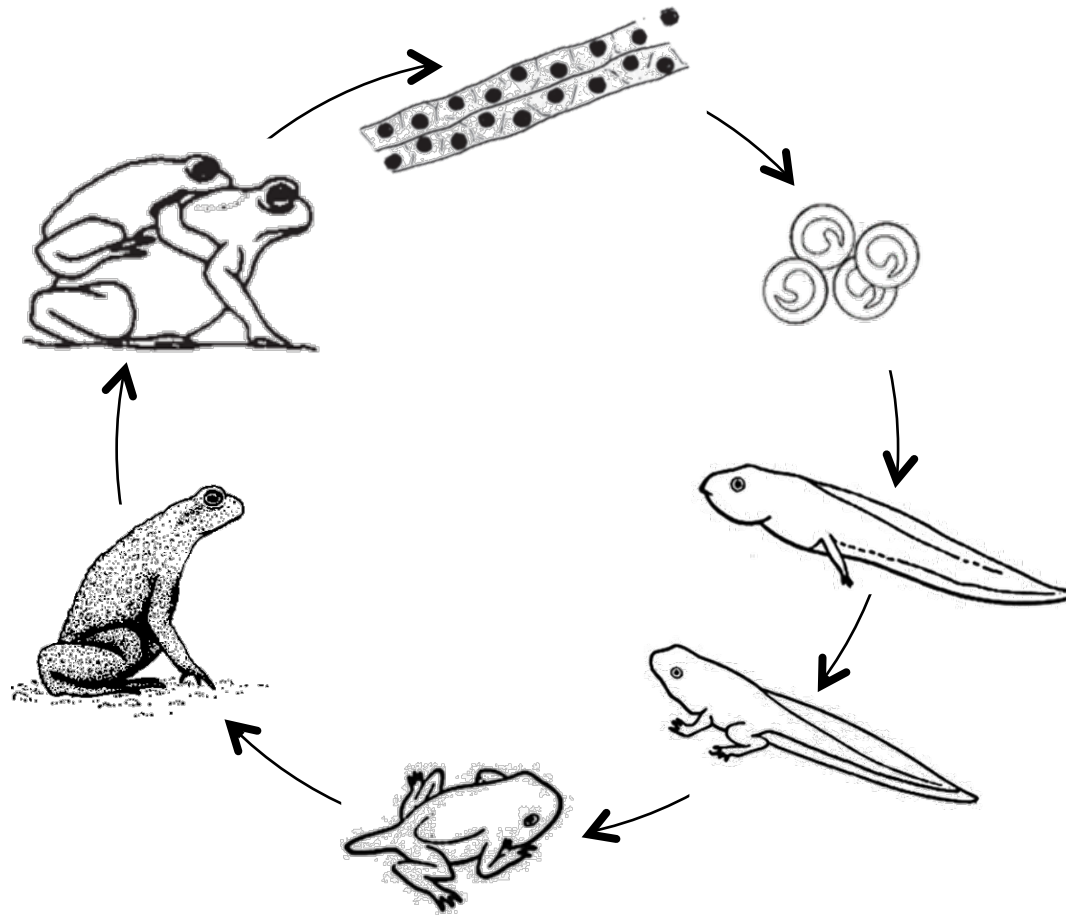


Système immunitaire

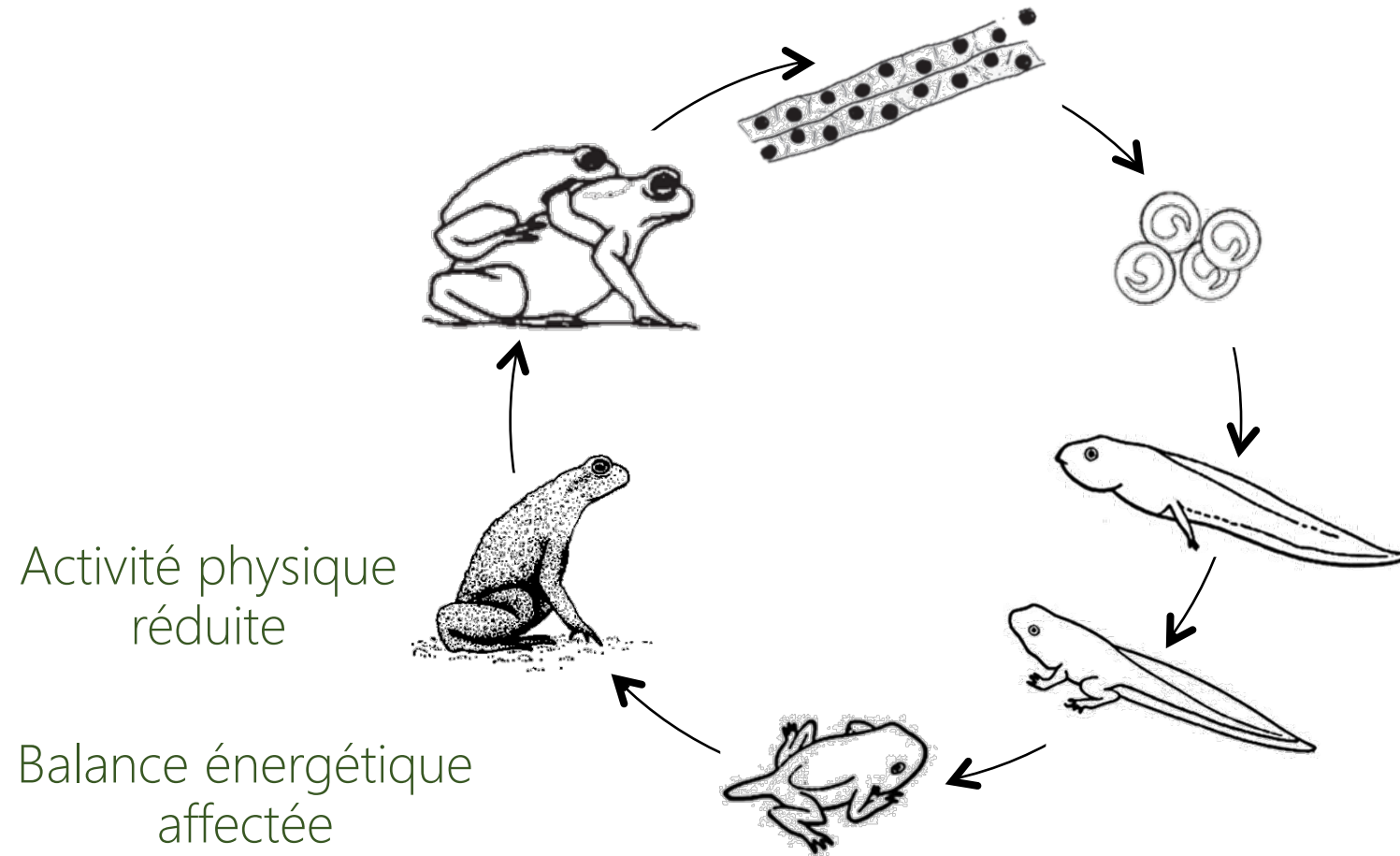


Métabolisme lipidique





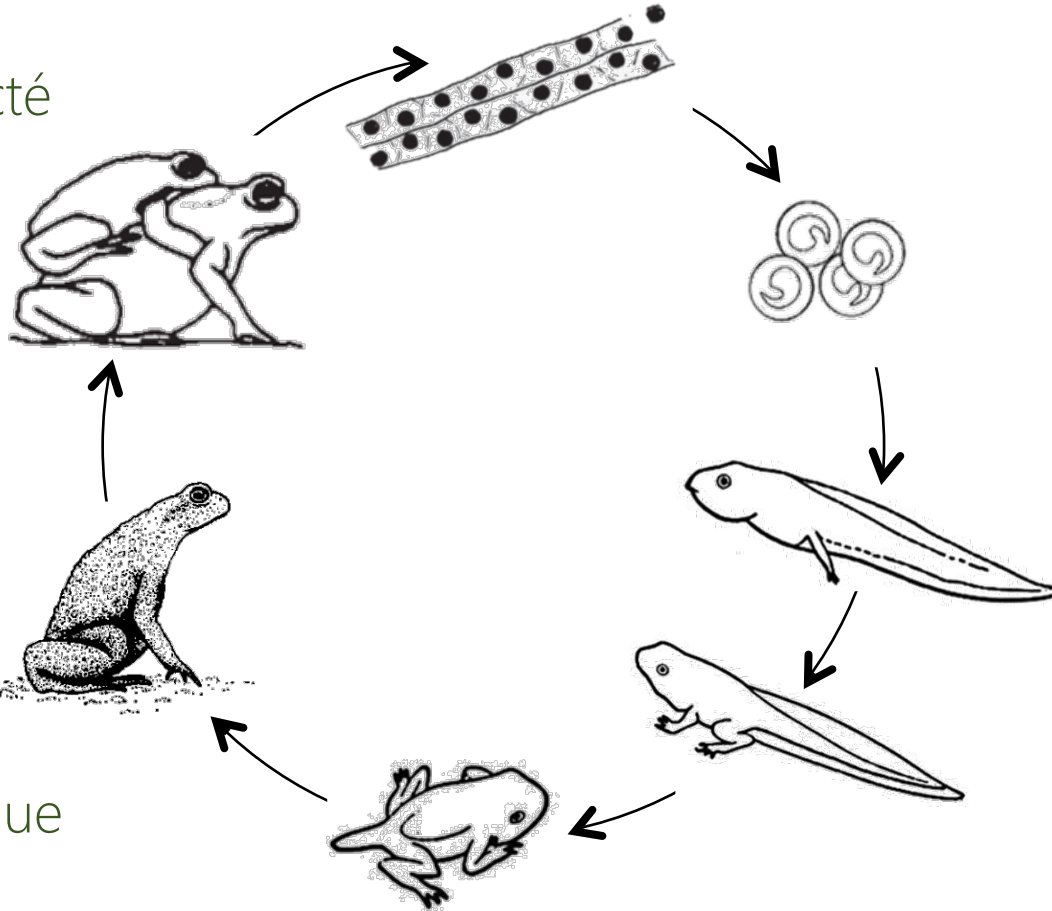
## Stade Adulte



## Stade Adulte

Comportement  
reproducteur affecté

Nombre d'œufs  
fécondés réduit



Activité physique  
réduite

Balance énergétique  
affectée

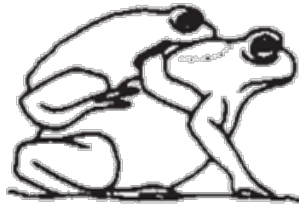


## Stade Adulte

## Stade Têtard

Comportement reproducteur affecté

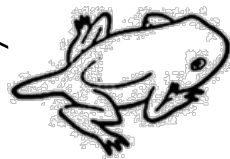
Nombre d'œufs fécondés réduit



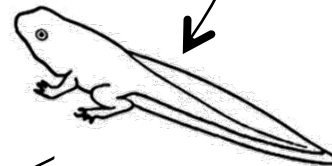
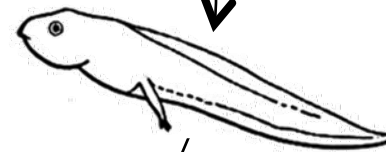
Activité physique réduite



Balance énergétique affectée



Expression génique nocturne affectée

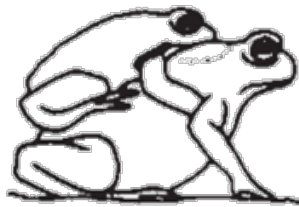


## Stade Adulte

## Stade Têtard

Comportement reproducteur affecté

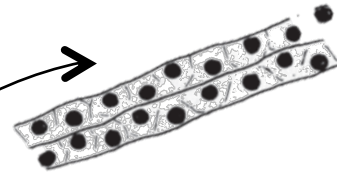
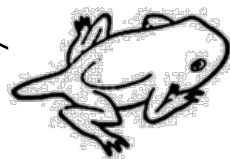
Nombre d'œufs fécondés réduit



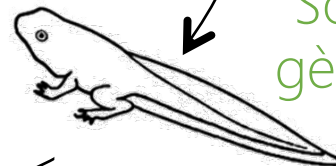
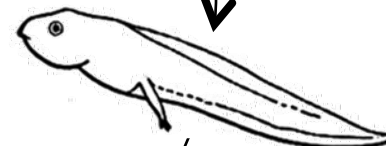
Activité physique réduite



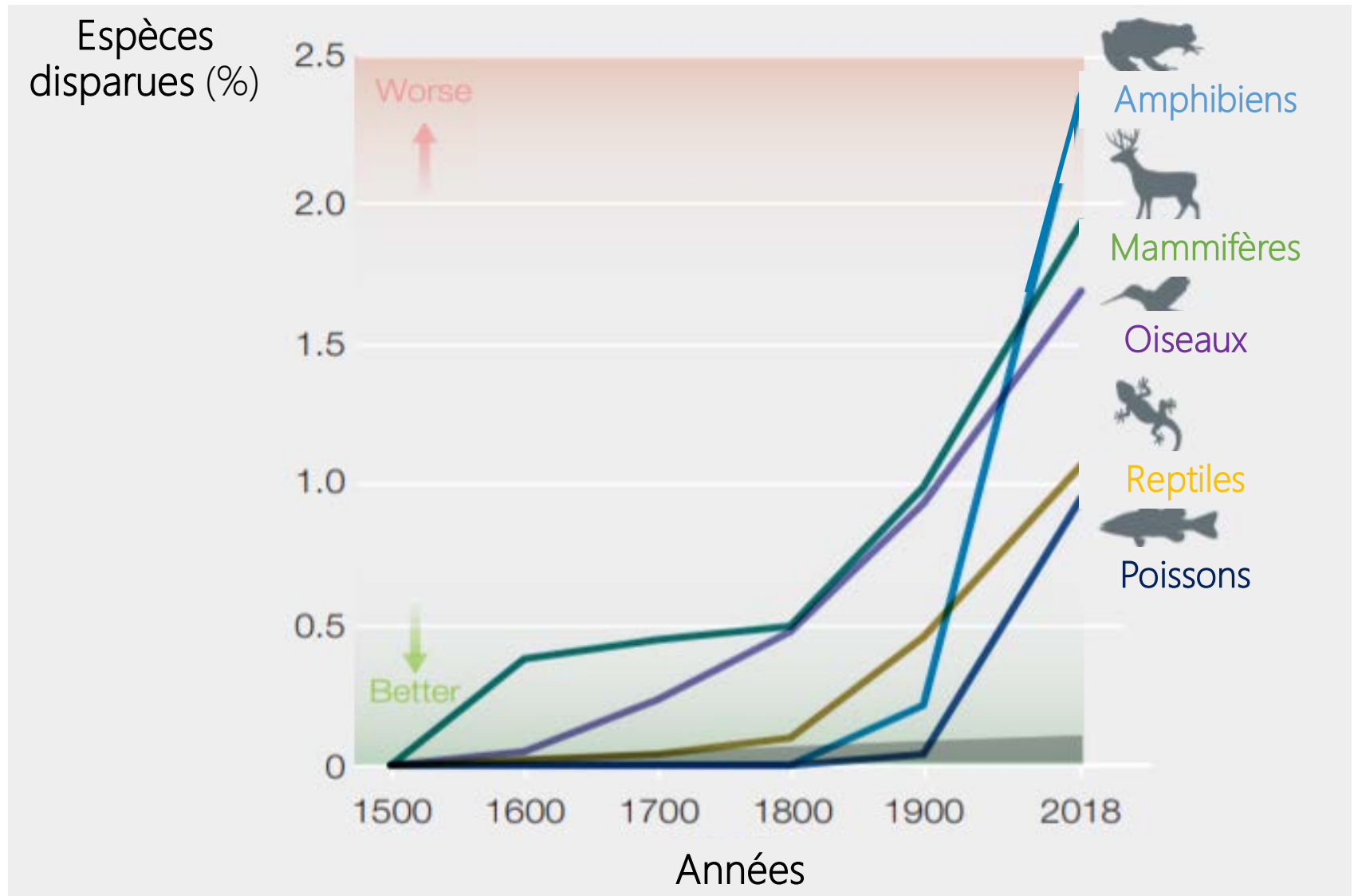
Balance énergétique affectée



Expression génique nocturne affectée



Sous expression des gènes impliqués dans la réponse immunitaire et dans le métabolisme lipidique



[13]

## Co-auteurs

Nathalie Mondy,  
Claude Duchamp,  
Thierry Lengagne,  
Jean Secondi,  
Loïc Teulier,  
Tristan Lefébure,  
Adeline Dumet,  
Lara Konecny-Dupré,  
Ludovic Guillard,  
Vanessa Gardette

Paul-Antoine Libourel,  
Marc Théry,  
Emmanuel Desouhant,  
Philippe Veber,  
Vincent Navratil,  
Jérôme Gippet



Angéline Clair,  
Laetitia Averty,  
Julie Ulmann





## Rencontre technique « Trame noire et biodiversité » 18 Novembre 2021

# La lumière artificielle nocturne affecte-t-elle la physiologie et le comportement des amphibiens ?

**Morgane Touzot**, Thierry Lengagne, Jean Secondi, Nathalie Mondy

LEHNA – UMR 5023 CNRS – Université Claude Bernard Lyon 1



@MorganeTouzot

[morgane.touzot@gmail.com](mailto:morgane.touzot@gmail.com)