

Etude intégrative des conséquences de la lumière artificielle nocturne chez le crapaud commun, *Bufo bufo* : Effets moléculaires, physiologiques et comportementaux

Integrative study of the consequences of artificial light at night in the common toad, *Bufo bufo*: Molecular, physiological and behavioral effects

Morgane TOUZOT

Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés, LEHNA, UMR5023, CNRS,
3-6 rue Raphael Dubois, 69622 Villeurbanne Cedex

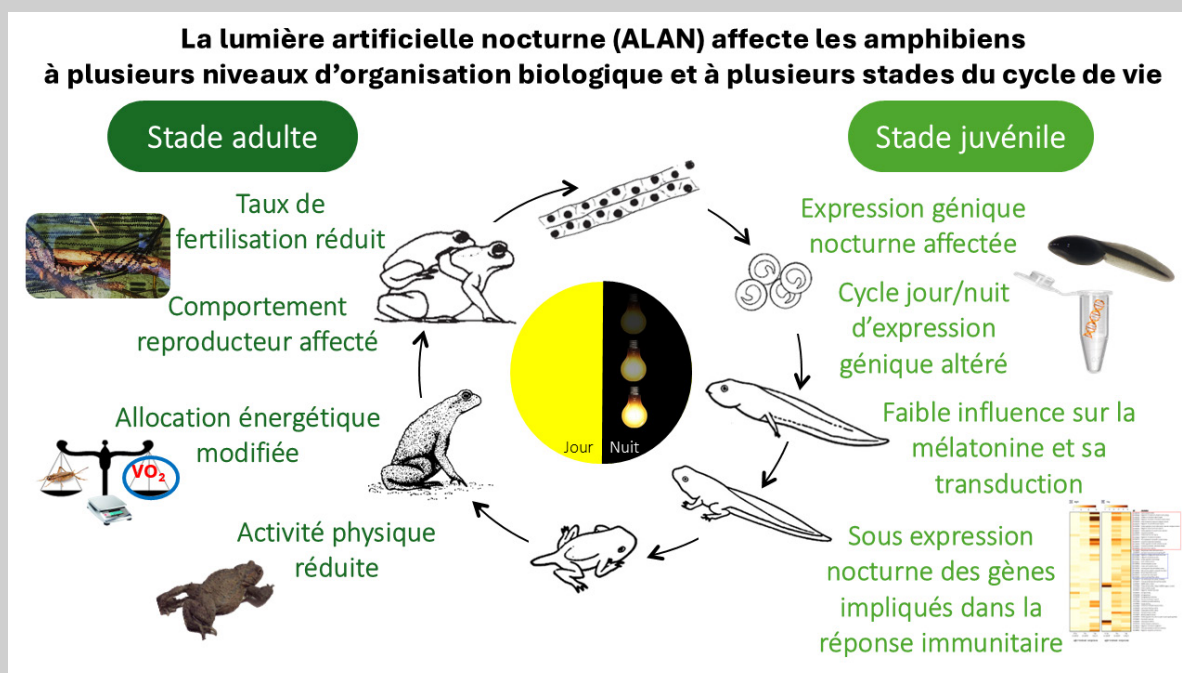
morgane.touzot@gmail.com

Soutenue publiquement, le 16/12/2020, à l'Université Claude Bernard Lyon 1, Villeurbanne, devant Mesdames/Messieurs les membres du jury : BRISCHOUX François (Rapporteur), MEYLAN Sandrine (Rapporteuse), KERBIRIOU Christian (Examinateur), VIEIRA-HEDDI Cristina (Examinatrice et Présidente), DUCHAMP Claude (Directeur de thèse), MONDY Nathalie (Co-directrice de thèse).

Liens vers une version électronique : <https://theses.hal.science/tel-03904602v1>

Mots-clés - Activité, amphibien, comportement et succès reproducteurs, écophysiologie, expression génique, mélatonine, métabolisme, pollution lumineuse, rythmicité.

Résumé graphique



La lumière artificielle nocturne (ALAN) constitue une pression environnementale croissante, liée à l'expansion des infrastructures humaines et à la généralisation de l'éclairage public. ALAN perturbe tous les écosystèmes et affecte la photopériode, synchronisateur externe de nombreux processus biologiques. Bien que ses effets sur de nombreux organismes soient désormais établis, les consé-

quences mécanistiques et fonctionnelles d'ALAN sur les espèces nocturnes restent peu documentées. Par une approche intégrative, cette thèse évalue expérimentalement l'influence d'ALAN sur des amphibiens nocturnes de la région Rhône-Alpes, notamment le crapaud commun *Bufo bufo* (Linnaeus, 1758), espèce ubiquiste fréquente dans les habitats anthropisés.

Chez les espèces nocturnes, les activités clés (recherche de nourriture et de partenaire sexuel, évitement des prédateurs) dépendent de la lumière et se font principalement sous de faibles éclairagements lumineux. Cette thèse montre qu'en période de reproduction, les mâles *B. bufo* exposés à un éclairage artificiel nocturne (0,1 et 5 lux) présentent une réduction de leur activité motrice nocturne. Cette baisse d'activité, sans altération de la prise alimentaire ni de la masse corporelle, est accompagnée d'une modification de l'allocation énergétique. L'énergie allouée aux fonctions vitales est augmentée, tandis que l'énergie allouée à l'activité est réduite en présence d'ALAN. Chez le crapaud buffle *Rhinella marina* (Linnaeus, 1758), ALAN (0,04 et 5 lux) affecte également l'activité motrice. En présence d'éclairage nocturne, le pic d'activité est retardé, passant d'un rythme d'activité crépusculaire à nocturne, et l'intensité de ce pic ainsi que le nombre de mouvements détectés sont réduits.

Parallèlement, bien que les taux de testostérone restent inchangés, l'analyse du comportement reproducteur des mâles *B. bufo* révèle qu'une exposition à ALAN (0,1 et 5 lux) augmente le temps nécessaire pour initier un amplexus, réduit la durée de l'accouplement avec la femelle et induit une baisse du taux de fertilisation des œufs. Ces résultats suggèrent une altération du succès reproducteur et,

potentiellement, une altération des dynamiques de population dans les habitats naturels.

À un stade plus précoce du cycle de vie, l'éclairage nocturne entraîne également une perturbation de l'expression génique. Une analyse transcriptomique met en évidence une sous-expression nocturne généralisée de nombreux gènes chez les têtards exposés à ALAN (0,1 et 5 lux), dont plusieurs associés aux fonctions immunitaires, suggérant une vulnérabilité accrue aux stress externes. En revanche, une analyse de gènes cibles montre une faible influence d'ALAN sur l'expression de gènes impliqués dans la synthèse de la mélatonine et sa transduction, ne permettant pas de conclure sur son rôle central dans les perturbations liées à ALAN chez les têtards de *B. bufo* et grenouilles agiles *Rana dalmatina* Fitzinger in Bonaparte, 1838.

Ce travail met en évidence les effets multiples d'ALAN sur les amphibiens nocturnes, affectant plusieurs niveaux d'organisation biologique – depuis l'expression génique jusqu'au comportement et à la reproduction – et différents stades du cycle de vie des organismes. Cette recherche souligne l'importance de prendre en compte la lumière artificielle comme facteur de stress dans les politiques de conservation et l'urgence de mieux encadrer l'éclairage nocturne afin de préserver les rythmes biologiques des espèces et la biodiversité associée.



Crapaud commun, *Bufo bufo*, mâle lors d'une mesure de consommation d'oxygène dans une chambre métabolique. Photo : Morgane TOUZOT.

Remerciements - Ce travail de thèse a été soutenu par le gouvernement français (bourse ministérielle de thèse à Morgane Touzot 2017-2020), financé par le 'LABEX IMU Laboratoire d'excellence Intelligence des Mondes Urbains' (projet POLLUX), par l'IDEX Initiative d'excellence Université Lyon (projet ANR-16-IDEX-0005, ALAN), par le CNRS (projet PEPS POLLUX TROPIC), par le projet One Health approach of the artificial light at night et par le conseil Départemental de l'Isère [bourse DAT/SDD/2015-0081] et sous la tutelle de l'"Ecole Universitaire de Recherche" H2O'Lyon (ANR-17-EURE-0018). Je remercie profondément tous les co-auteurs pour le travail que nous avons mené ensemble, tous mes collègues pour leurs conseils et assistance technique, le travail de terrain, les expérimentations et analyses statistiques. Je remercie également les membres de la plateforme EcoAquatron, de la station biologique de La Selva et du CC LBBE/PRABI-AMSB pour le matériel mis à disposition, ainsi que pour leur soutien et leur aide.

RÉFÉRENCE DES PUBLICATIONS DE L'AUTEUR DANS LA THÉMATIQUE

Secondi J., Mondy N., Gippet J. M. W., Touzot M., Gardette V., Guillard L. & Lengagne T. (2021). Artificial light at night alters activity, body mass and corticosterone level in a tropical anuran. *Behavioral Ecology*, arab044. <https://doi.org/10.1093/beheco/arab044>

Touzot M., Teulier L., Lengagne T., Secondi J., Théry M., Libourel P.-A., Guillard L. & Mondy N. (2019). Artificial light at night disturbs the activity and energy allocation of the common toad during the breeding period. *Conservation Physiology* **7**(1): coz002. <https://doi.org/10.1093/conphys/coz002>

Touzot M., Lengagne T., Secondi J., Desouhant E., Théry M., Dumet A., Duchamp C. & Mondy N. (2020). Artificial light at night alters the sexual behaviour and fertilisation success of the common toad. *Environmental Pollution* **259**: 113883. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113883>

Touzot M., Lefébure T., Lengagne T., Secondi J., Dumet A., Konecny-Dupré L., Veber P., Navratil V., Duchamp C. & Mondy N. (2022). Transcriptome-wide deregulation of gene expression by artificial light at night in tadpoles of common toads. *Science of the Total Environment* **818**: 151734. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151734>

Touzot M., Dumet A., Secondi J., Lengagne T., Henri H., Desouhant E., Duchamp C. & Mondy N. (2023). Artificial light at night triggers slight transcriptomic effects on melatonin signalling but not synthesis in tadpoles of two anuran species. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* **280**: 111386. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2023.111386>

RÉFÉRENCE DES PUBLICATIONS CLÉS DANS LA THÉMATIQUE

Buchanan B.W. (2006). Observed and potential effects of artificial night lighting on Anuran amphibians. In Rich C. & Longcore T. (Eds) *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Washington, D.C.: Island Press:192-220.

Gaston K.J., Bennie J., Davies T.W. & Hopkins J. (2013). The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal. *Biological Reviews* **88**: 912-927. <https://doi.org/10.1111/brv.12036>

van Grunsven R.H.A., Creemers R., Joosten K., Donners M. & Veenendaal EM. (2017). Behaviour of migrating toads under artificial lights differs from other phases of their life cycle. *Amphibia-Reptilia* **38**(1): 49-55. <https://doi.org/10.1163/15685381-00003081>

Hölker F., Wolter C., Perkin E.K. & Tockner K. (2010). Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology & Evolution* **25**: 681-682. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.09.007>

Knop E., Zoller L., Ryser R., Gerpe C., Horler M. & Fontaine C. (2017). Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature* **548**: 206-209. <https://doi.org/10.1038/nature23288>

Longcore T. & Rich C. (2004). Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **2**: 191-198. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0191:ELP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0191:ELP]2.0.CO;2)

Schroer S. & Hölker F. (2016). Impact of Lighting on Flora and Fauna. In: Karlicek, R., Sun, CC., Zissis, G., Ma, R. (Eds) *Handbook of Advanced Lighting Technology*. Springer, Cham:1-33. https://doi.org/10.1007/978-3-319-00295-8_42-1

Secondi J., Davranche A., Théry M., Mondy N. & Lengagne T. (2019). Assessing the effects of artificial light at night on biodiversity across latitude - Current knowledge gaps. *Global Ecology and Biogeography* **29**: 404-419. <https://doi.org/10.1111/geb.13037>

Date de soumission : vendredi 10 octobre 2026

Date d'acceptation : mardi 11 novembre 2026

Date de publication : lundi 19 janvier 2026

Editeur-en-Chef : Jérémie SOUCHET

Relecteur : Philippe GENIEZ