



HAL
open science

Projet MITI× PLUM: Mitigation de la pression Lumineuse: vers l'adaptation en temps réel de l'éclairage public aux enjeux écologiques transitoires du PNR de Brière

Samuel Challéat, Matthieu Renaud, Johan Milian, Kévin Barré, L. Godet,
Sylvain Morvan

► **To cite this version:**

Samuel Challéat, Matthieu Renaud, Johan Milian, Kévin Barré, L. Godet, et al.. Projet MITI× PLUM: Mitigation de la pression Lumineuse: vers l'adaptation en temps réel de l'éclairage public aux enjeux écologiques transitoires du PNR de Brière. 2023. hal-04376918

HAL Id: hal-04376918

<https://cnrs.hal.science/hal-04376918>

Preprint submitted on 7 Jan 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0
International License



Mission pour les initiatives
transverses et
interdisciplinaires

Défi Pollution et dépollution : solutions et trajectoires

Appel à projets 2024

Formulaire de candidature

IDENTIFICATION

Civilité, NOM et Prénom du porteur/de la porteuse du projet	M. CHALLÉAT Samuel	
Section du comité national de la recherche scientifique	39 (Espaces, territoires, sociétés)	
Établissement de rattachement (CNRS, Université de Nantes, etc.)	CNRS	
Code Unité (UMR, UPR, etc.)	UMR 5602	
Nom du laboratoire et/ou de l'équipe	GÉODE, Observatoire de l'environnement nocturne	
Pour les unités rattachées au CNRS	Institut principal	CNRS Écologie & Environnement
	Délégation régionale	14 (Occitanie Ouest)

Projet

Titre long du projet (150 caractères maximum)	MITI gation de la Pression LUM ineuse : vers l'adaptation en temps réel de l'éclairage public aux enjeux écologiques transitoires du PNR de Brière
Acronyme du projet	MITI-PLUM

Identification des équipes travaillant sur le projet

Établissement de rattachement (CNRS, Université de Nantes, etc.)	Code Unité (UMR, UPR, etc.)	Nom du laboratoire et/ou de l'équipe	Pour les unités rattachées au CNRS		Civilité, NOM et Prénom des personnes impliquées
			Institut principal	DR	
CNRS	UMR 5602	Géode	CNRS Écologie & Environnement	14	M. MORVAN Sylvain
CNRS	UMR 5299	LUPM	CNRS Nucléaire & particules	13	M. RENAUD Matthieu
CNRS	UMR 6554	LETG	CNRS Écologie & Environnement	17	M. GODET Laurent
Univ. Paris 8	UMR 7533	Ladyss	CNRS Sciences humaines & sociales	05	M. MILIAN Johan
MNHN	UMR 7204	Cesco	CNRS Écologie & Environnement	02	M. BARRÉ Kévin
PNR de Brière	Responsable du Service biodiversité & territoire				Mme. ROBIN Sophie
PNR de Brière	Responsable du Pôle biodiversité & patrimoine naturel, Adjoint au Directeur du Parc naturel régional de Brière				M. JÉCHOUX Grégory
PNR de Brière	Chargée d'opération Atlas de la Biodiversité Communale au sein du Pôle biodiversité & patrimoine naturel				Mme. PÉRON Enora

Curriculum Vitae du porteur/de la porteuse du projet

Samuel Challéat est géographe de l'environnement, chargé de recherche CNRS à Toulouse et directeur adjoint de l'UMR 5602 GÉODE. Inscrits dans une interdisciplinarité radicale entre sciences du territoire et de la société, sciences de l'environnement, sciences de l'Univers et sciences pour l'ingénieur, ses travaux visent à comprendre finement les socio-écosystèmes nocturnes et leurs dynamiques, ce dans une perspective d'amélioration des instruments dont l'action publique se dote pour mettre en œuvre la préservation de l'environnement nocturne face aux pressions anthropiques (pollution lumineuse, pollution sonore). Pour faciliter et organiser cette recherche interdisciplinaire, Samuel Challéat coordonne l'[Observatoire de l'environnement nocturne](#), dispositif collaboratif dédié à la production de connaissances scientifiques interdisciplinaires sur l'environnement nocturne, rassemblant 22 personnels de recherche et praticiens. Attachée à la transdisciplinarité comme pratique permettant le déconfinement de la méthode scientifique, l'équipe intervient également en appui aux démarches territoriales de préservation et de valorisation de l'obscurité, notamment auprès du réseau des Parcs naturels régionaux (PNR — voir "[les programmes de l'Observatoire](#)"), en liens étroits avec la [Fédération des PNR de France](#). Page personnelle sur le site web de l'UMR Géode : <https://geode.univ-tlse2.fr/accueil/personnel/samuel-challeat> ; CV HAL : <https://cv.hal.science/samuel-challeat> ; collection HAL de l'OEN : <https://cnrs.hal.science/OEN>.

Contrats en cours :

- **2022-2023** : Porteur du programme de la MITI du CNRS **OUTRENOIR** (AAP "Sciences participatives en situation d'interdisciplinarité") *Participation des populations habitantes à la caractérisation des socio-écosystèmes nocturnes des territoires réunionnais.*
- **2021-...** : Coordinateur de l'Observatoire de l'environnement nocturne du CNRS.
- **2019-2023** : Membre du programme Fondation de France **LARN**, sous la direction de Godet L. (UMR LETG Nantes) *Lumières artificielles de nuit sur le littoral.*
- **2018-2023** : Porteur du programme pluriannuel **PYRENEES** (LabEx DRIIHM, OHM Pyrénées-Haut Videssos) *Pyrenean nocturnal social-ecological systems monitoring program.*

Publications significatives en lien avec le projet (en gras, les membres du projet MITI-PLUM) :

- [ASCL] **Barré, K., Challéat, S., Milian, J., & Renaud, M.** (2023). L'environnement nocturne, ce bien précieux. *La Recherche*, 574, 100-107.
- [ACL] **Challéat, S.,** Lapostolle, D., **Milian, J.,** Bénos, R., **Barré, K.,** Farrugia, N., **Renaud, M.,** Maisonobe, M., **Morvan, S.,** Ronzani, C., Foglar, H., & Loose, D. (2023). Construire et travailler un objet de recherche en interdisciplinarité : l'exemple de l'environnement nocturne à La Réunion. *Tracés. Revue de Sciences humaines*, (22), 23-45. DOI : <https://doi.org/10.4000/traces.14581>
- [ACL] **Barré, K.,** Vernet, A., Azam, C., Le Viol, I., Dumont, A., Deana, T., Vincent, S., **Challéat, S.,** & Kerbiriou, C. (2022). [Landscape composition drives the impacts of artificial light at night on insectivorous bats.](#) *Environmental Pollution*, 292, 118394.
- [ACL] **Challéat, S., Barré, K.,** Laforge, A., Lapostolle, D., Franchomme, M., Sirami, C., Le Viol, I., **Milian, J.,** & Kerbiriou, C. (2021). [Grasping darkness: the dark ecological network as a social-ecological framework to limit the impacts of light pollution on biodiversity.](#) *Ecology and Society*, 26(1), 15.
 - Publication relayée par [Science for Environment Policy](#) (Direction générale de l'environnement de la Commission Européenne) et dans une [Actualité scientifique](#) de l'InÉE du CNRS.
- [ACL] **Barré, K.,** Spoelstra, K., Bas, Y., **Challéat, S.,** Kiri Ing, R., Azam, C., Zisis, G., Lapostolle, D., Kerbiriou, C., & Le Viol, I. (2021). [Artificial light may change flight patterns of bats near bridges along urban waterways.](#) *Animal Conservation*, 24(2), 259-267.
- [ACL] Lapostolle, D., & **Challéat, S.** (2021). [Making darkness a place-based resource: how the fight against light pollution reconfigures rural areas in France.](#) *Annals of the American Association of Geographers*, 111(1), 196-215.
- [OS] **Challéat, S.** (2019). [Sauver la nuit. Comment l'obscurité disparaît, ce que sa disparition fait au vivant, et comment la reconquérir.](#) Premier Parallèle, Paris, 304 p. ISBN : 978-2850610103.
- [ACL] **Challéat, S.** (2018). [Le socioécosystème environnement nocturne : un objet de recherche interdisciplinaire.](#) *Natures Sciences Sociétés*, 26(3):257-269.

PROJET DE RECHERCHE 2024-2025

1 – Résumé

La fragmentation des habitats par la lumière artificielle nocturne est une préoccupation centrale parmi les effets de la lumière artificielle sur la biodiversité, créant notamment des modifications dans l'utilisation spatiale des habitats qui peuvent compromettre à terme la réalisation du cycle de vie des espèces — par exemple l'accès aux sites de repos (haltes migratoires), aux partenaires ou aux sites de reproduction. À l'heure actuelle, les outils dont se dotent les territoires pour juguler les effets écologiques de la pollution lumineuse sont construits sur une connaissance figée de la pression lumineuse et sur des inventaires d'espèces réputées nocturnes, sans considération des temporalités de leur cycle de vie. Pourtant, de nouveaux possibles sont ouverts par l'utilisation de plus en plus massive des luminaires LED en éclairage public : gradation ou extinction, voire adaptation en temps réel — par alertes ou par télégestion — lorsque des conditions météorologiques spécifiques amplifiant largement la pression lumineuse rencontrent, dans l'espace et dans le temps, des enjeux écologiques transitoires majeurs. Ce sont ces possibles que le projet MITI-PLUM propose d'explorer, dans un territoire de première importance au regard de l'enjeu "oiseaux migrateurs" : le [Parc naturel régional de Brière](#). Du point de vue méthodologique, un réseau de photomètres permettra le suivi en temps réel de la pression lumineuse et sa mise en lien avec les paramètres météorologiques. Le couplage de ces données avec (i) les connaissances spatio-temporelles préexistantes sur les enjeux écologiques transitoires propres au territoire et (ii) les connaissances socio-spatiales quant à l'acceptation de mesures de réduction de la pression lumineuse permettra la définition interdisciplinaire de règles d'alerte sur les "moments et zones à enjeux lumière artificielle". Enfin, la production d'un dashboard permettra de relayer ces alertes auprès du PNR de Brière — partenaire de ce projet — et des maires, décideurs finaux en matière de gestion de l'éclairage public.

2 – Mots-clés

1. Pollution lumineuse
2. Écologie du temps nocturne
3. Réseau de capteurs
4. Modélisation spatio-temporelle
5. Aide à la décision

3 – Exposé scientifique du projet explicitant les points suivants

État de l'art

➤ La pollution lumineuse, un problème environnemental de portée globale

La pollution lumineuse touche 23 % de la superficie des terres émergées du globe [1] et constitue une nouvelle menace pour la biodiversité à l'échelle mondiale [2]. Sous l'influence des aérosols présents dans l'atmosphère, la lumière artificielle se diffuse au-delà des zones urbanisées et marque de son empreinte les aires protégées et les hotspots de biodiversité [3]. Même si elle reste l'une des perturbations les moins bien comprises parmi celles affectant la biodiversité, il est aujourd'hui avéré que la lumière artificielle nocturne produit de nombreux effets sur l'environnement. En dénaturant les régimes d'alternance lumière/obscurité des milieux (près de 90 % des écosystèmes terrestres européens sont sous son influence), la lumière artificielle affecte un large éventail de taxons. De même, il ne fait plus aucun doute que ses effets sur le vivant courent depuis le niveau moléculaire jusqu'à celui des écosystèmes, comprenant entre autres des impacts sur la physiologie des individus, les interactions intra et interspécifiques, ou encore les processus de régulation des populations et communautés [4].

➤ La lumière artificielle nocturne, cause de fragmentation des habitats

Au niveau local, en affectant par exemple le métabolisme des individus et en modifiant leur dépense énergétique, les conséquences physiologiques de la lumière artificielle nocturne peuvent entraîner une réduction de la valeur sélective des individus pour une très large gamme d'espèces. Au niveau paysager, l'effet de fragmentation des habitats par la lumière artificielle nocturne est désormais relativement bien

connu dans ses grands principes, avec une réduction de la connectivité fonctionnelle du paysage pour de nombreuses espèces [5]. Bien sûr, les mécanismes d'attraction et de répulsion des sources lumineuses sur les individus aux échelles infra-paysagères ne sont pas tous parfaitement compris et varient selon les caractéristiques des espèces et les paramètres lumineux (par exemple l'intensité ou le spectre [6]). Mais malgré ces manques de connaissances, on sait aujourd'hui que cette fragmentation des habitats par la lumière artificielle peut avoir des implications génétiques et contribue dans le temps long de l'évolution des espèces, à la différenciation entre populations animales des paysages urbains et des paysages ruraux — ou, comme l'aurait formulé Jean de La Fontaine, entre « le Rat de ville et le Rat des champs ».

Cette fragmentation des habitats par la lumière artificielle nocturne, préoccupation centrale parmi les effets de la lumière artificielle sur la biodiversité, est principalement induite par deux mécanismes. Le premier est l'effet de barrière spatiale qui peut être produit par l'isolement physique ou temporel des individus. Plus précisément, un réseau d'éclairage artificiel peut générer des zones éclairées qui sont plus difficiles à traverser pour les individus que les zones non éclairées, par exemple pour les chauves-souris [7,8,9] et les crapauds [10]. Dans ce cas, la lumière artificielle induit des barrières spatiales directes pour les déplacements et entraîne des pertes d'habitat. Le deuxième mécanisme par lequel la lumière artificielle nocturne provoque la fragmentation des habitats est dû à son pouvoir attractif sur les taxons. En effet, les sources lumineuses favorisent l'accumulation d'individus dans les zones éclairées et donc leur raréfaction dans les zones non éclairées [11,12], soit par phototactisme (en particulier l'attraction des arthropodes), soit par amélioration de la ressource alimentaire impliquant une réduction des mouvements nécessaires (par exemple plus d'arthropodes sous les lampadaires pour les prédateurs s'en nourrissant). La lumière artificielle nocturne perturbe également l'ensemble des processus migratoires chez de nombreux oiseaux — un grand nombre de grands migrateurs volent de nuit — en modifiant leurs trajectoires de vol, ou encore la sélection des haltes [13,14,15,16]. Ces effets attractifs peuvent donc générer des modifications dans l'utilisation spatiale des habitats et compromettre à terme la réalisation du cycle de vie des espèces — par exemple l'accès aux sites de repos (haltes migratoires), aux partenaires ou aux sites de reproduction. Enfin, les effets négatifs de la lumière artificielle nocturne s'étendent au-delà des espèces d'oiseaux migrateurs actives la nuit, élargissant *de facto* la portée de cette menace [17].

➤ *Des effets amplifiés par certaines conditions météorologiques*

On le voit, les travaux de recherche en écologie construisent peu à peu un faisceau d'indices, chaque jour plus robuste, qui montre que les différentes perturbations de la lumière artificielle nocturne sur les habitats et les espèces pourraient affecter profondément la dynamique de fonctionnement des populations, des communautés et des écosystèmes dans leur ensemble. Si la plupart des travaux ont longtemps laissé de côté la variabilité des effets biologiques et écologiques de la lumière artificielle due aux différentes conditions météorologiques, quelques-uns s'intéressent aujourd'hui à cette question, partant du constat que l'étendue et l'intensité des halos lumineux sont intrinsèquement liées aux paramètres atmosphériques [18,19,20]. La couverture nuageuse ou la présence de brouillard amplifie ainsi la plupart des effets négatifs observés par temps clair [21,22,23].

➤ *Des solutions techniques insuffisantes, voire inadéquates face à certains enjeux*

À l'exception des pratiques d'extinction totale ou partielle en milieu de nuit et de quelques communes qui modulent ces extinctions en fonction de la saison (mais suivant un mode binaire été/hiver et sans réellement tenir compte des besoins de préservation de l'obscurité), la plupart des solutions aujourd'hui proposées restent génériques et figées dans le temps. Il en va de même pour ce qui est des solutions de planification que certains territoires tentent actuellement de mettre en œuvre, et notamment de la "trame noire" [24] : elles sont construites sur une connaissance figée de la pression lumineuse (au mieux, une différenciation est opérée entre extrémités et cœur de nuit) et sur des inventaires d'espèces réputées nocturnes, sans considération des temporalités de leur cycle de vie. Surtout, aucune de ces solutions ne questionne les possibilités d'adaptation de l'éclairage public au regard du couplage entre conditions météorologiques et enjeux écologiques transitoires — *i.e.* les besoins d'obscurité d'une espèce donnée à un instant donné et dans des conditions environnementales données. Pourtant, de nouveaux possibles sont ouverts par l'utilisation de plus en plus massive des technologies LED en éclairage public, couplées aux systèmes de télégestion : gradation ou extinction, modification à la demande de la température de couleur de certaines sources lumineuses dites "tunable white", voire — ce qui reste à concevoir —

adaptation temps réel de tous ces paramètres lorsque des conditions météorologiques spécifiques amplifiant largement la pression lumineuse rencontreraient, dans l'espace et dans le temps, des enjeux écologiques transitoires majeurs. C'est cette dernière piste d'action que le projet MITI-PLUM propose d'explorer dans un territoire de première importance au regard de l'enjeu "oiseaux migrateurs" à l'échelle européenne : le Parc naturel régional de Brière.

Verrous scientifiques et objectifs

> Une mitigation nécessaire dans les territoires ordinaires

Contrairement aux Parcs nationaux, les Parcs naturels régionaux français ne sont pas, du point de vue de la pression lumineuse, des territoires d'exception dans lesquels l'horizon-levier pour l'action publique environnementale serait l'obtention, à court ou moyen terme, d'un label international venant consacrer l'exceptionnelle qualité de la voûte céleste, de type "Réserve internationale de ciel étoilé". Plus généralement, ce ne sont pas des espaces à enjeux *exclusivement écologiques*, pas plus que des espaces à enjeux *exclusivement sociaux*. De type V dans la catégorisation UICN des aires protégées, les Parcs naturels régionaux sont de ces espaces ordinaires dans lesquels l'aménagement doit en permanence concilier enjeux de développement du territoire et enjeux de préservation de l'environnement. Ce sont, en d'autres termes, des espaces à enjeux *socio-écologiques* au sein desquels une mitigation semble inévitable entre, d'une part, les besoins de lumière artificielle nocturne nécessaires à la continuité des usages humains de l'espace et, d'autre part, les besoins d'obscurité nécessaires au fonctionnement du vivant.

> Vers un outil d'adaptation temps réel de l'éclairage aux enjeux écologiques & conditions météorologiques

Le projet MITI-PLUM ambitionne d'apporter une contribution innovante à l'un des grands défis environnementaux mis en avant par les Prospectives 2023 du CNRS Écologie & Environnement : "Érosion de la biodiversité, de la perception à l'action". Il s'agira plus précisément de construire un outil d'aide à la décision (modulation de l'éclairage public) en temps réel, prenant en considération :

1. les conditions météorologiques (caractérisation précise, à l'aide d'un réseau de capteurs photométriques, des dynamiques spatio-temporelles de la pression lumineuse) ;
2. les enjeux écologiques transitoires (caractérisation précise des dynamiques spatio-temporelles de la biodiversité fondée sur le regroupement de savoirs locaux préexistants construits par le PNR de Brière, les associations environnementales, ou encore par des suivis déjà en place) ;
3. les marges de manœuvre liées à l'acceptation, par les habitants, des mesures de réduction de l'éclairage public à l'échelle des quartiers et des communes (acquisition de nouvelles connaissances par un travail conjoint entre chercheurs, élus et habitants).

Méthodologies

Pour construire cet outil d'aide à la décision, nous adoptons une approche interdisciplinaire combinant les connaissances des sciences sociales et des sciences du territoire, des sciences naturelles, des sciences de l'Univers et de la modélisation, de l'ingénierie et de la physique de l'environnement. Le projet MITI-PLUM est ainsi organisé en cinq work packages (WP).

> WP1 (2024-2025). Déploiement du réseau de suivi de la pression lumineuse en Brière (RSPL-Brière)

Ce WP a pour objectif de déployer, de façon la plus homogène possible sur les 550 km² de la zone d'étude, un réseau de 70 capteurs photométriques de type TESS-W [25], développés dans le cadre du [projet Stars4All](#) et que nous mobilisons déjà [sur le terrain réunionnais](#). Deux grandes tâches seront menées au sein de ce premier WP : (i) organisation logistique du déploiement du réseau : achat et préparation des photomètres pour leur installation (figure 1), prise de contact avec les personnes et institutions (écoles, mairies, etc.) susceptibles d'héberger un capteur, organisation des missions terrain, organisation des conventions CNRS d'hébergement de matériel ; (ii) gestion de l'hébergement des données et organisation du jeu de données alimenté en temps réel, 24h/24. Au-delà du projet MITI-PLUM, ce réseau, installé de façon pérenne sur le territoire, permettra de nourrir d'autres projets de recherche et d'assurer un suivi long terme des évolutions de la pression lumineuse nous permettant d'informer les acteurs du territoire des effets des actions publiques entreprises en matière de préservation de l'environnement nocturne.

> WP2 (2024). Connaissance sociospatiale de l'acceptation des réductions de l'éclairage public

Ce WP consistera en la co-conception (chercheurs, agents du Parc naturel régional de Brière, élus, techniciens de l'éclairage), la diffusion en ligne, la passation *in situ*, le dépouillement et l'analyse d'une enquête à destination des habitants et usagers du territoire. Il s'agira ici de récolter la connaissance permettant (i) d'alimenter la définition interdisciplinaire des règles d'alerte et (ii) d'informer les agents du PNR de Brière et les maires des communes adhérentes au Parc des marges de manœuvre dont ils disposent auprès des administrés pour adapter l'éclairage public en réponse à des enjeux écologiques transitoires (notamment les périodes de passage, de reproduction et de halte d'oiseaux migrateurs).

➤ **WP3 (2024-2025). Connaissance spatio-temporelle des besoins écologiques d'obscurité**

Ce WP mettra en œuvre le travail de recensement pour bancariser (*i.e.* vérifier, organiser, homogénéiser, standardiser et répertorier) les données d'ores et déjà disponibles car issues d'inventaires des milieux et espèces présents sur le territoire. Ici sera mobilisé le savoir produit par les associations environnementales, ou encore celui rassemblé dans les Atlas de la biodiversité communale (ABC), outil stratégique coordonné par le PNR de Brière. Il s'agira également de faire appel à des suivis de groupes ou d'espèces déjà amorcés. Le projet MITI-PLUM pourra par exemple s'appuyer sur un suivi acoustique passif des oiseaux assuré par un réseau de capteurs déjà mis en place depuis 2016 (6 capteurs Wildlife Acoustics SM2 enregistrent les oiseaux tous les printemps pendant 3 heures autour de l'heure du lever du soleil). Les données de lumière artificielle nocturne acquises dans le projet proposé pourront aider à comprendre l'influence de cette pollution sur les rythmes d'activité de chant des oiseaux.

➤ **WP4 (2025). Traitement des données du RSPL-Brière et des données météorologiques, adaptation fine d'un modèle de diffusion de la lumière artificielle nocturne**

Ce WP s'attachera à mettre en œuvre la routinisation du traitement des données de brillance du ciel nocturne (dissociation entre contributions naturelles et contributions anthropiques à l'aide des outils de modélisation Gambons [26] et Illumina [27]), puis le croisement avec les données d'observation météorologiques pour caractériser la réponse de la pression lumineuse aux paramètres météorologiques. Sur ce dernier point, les données utilisées seront celles de Météo France, rendues [disponibles en accès libre à partir du premier janvier 2024](#) et comprenant un accès temps réel, à la fréquence de 6 minutes, aux données de plus de 2 000 stations d'observation et à l'ensemble de ses données de radars en temps réel et toutes les 5 minutes. Cet ajustement du modèle sur les données observées (lumière artificielle nocturne et météorologie) nous permettra ensuite d'appliquer les mêmes règles aux prédictions des modèles AROME et ARPEGE de Météo France, dont les données seront également rendues accessibles par API sans aucun frais en 2024.

➤ **WP5 (2025). Définition interdisciplinaire des règles d'alerte et production d'un *dashboard***

Ce dernier lot de travail sera consacré à l'écriture interdisciplinaire des règles d'alerte et à leur traduction sous forme d'un algorithme prédictif ([voir le schéma de synthèse en ligne](#)). Il sera aussi celui qui mettra en interaction forte l'équipe de recherche, les agents du PNR de Brière et un prestataire en développement web autour de la co-construction et de la production un site web interactif (dashboard intégrant un système d'alerte) à destination du Parc et des élus de ses communes adhérentes.

Résultats attendus

Les principaux résultats attendus concernent l'élaboration et l'écriture interdisciplinaire d'un algorithme combinatoire permettant d'intégrer :

1. la modélisation des interactions lumière artificielle/atmosphère (prédictions de pression lumineuse),
2. les dimensions spatio-temporelle des enjeux écologiques transitoires,
3. la considération des besoins humains de lumière artificielle *via* la connaissance située de l'acceptation des mesures de réduction de la pression lumineuse.

Par ce démonstrateur, le projet MITI-PLUM posera ainsi les premières briques de ce qui pourra, à terme et suivant le modèle des règles de bridage d'éoliennes pour minimiser les collisions avec les chiroptères [28], devenir un outil autonome de gestion en temps réel de l'éclairage public aux regards d'enjeux écologiques transitoires-locaux. À l'issue du programme et si les premiers résultats sont prometteurs, l'équipe se rapprochera des autorités organisatrices du service public d'éclairage qui interviennent sur le territoire (notamment [Territoire d'énergie Loire-Atlantique](#)) pour tester une première implémentation de l'algorithme prédictif sur le parc d'éclairage public d'une commune volontaire, puis de CNRS Innovation pour étudier les conditions de la valorisation d'un tel transfert de ses résultats vers l'opérationnel. Le projet

MITI-PLUM ambitionne ainsi de positionner l'Observatoire de l'environnement nocturne du CNRS à l'interface entre recherche et développement.

Implication des équipes et contribution des participants

Projeter un tel dispositif d'aide à la décision publique et d'accompagnement d'un territoire dans sa stratégie de lutte contre la pollution lumineuse ne peut se faire hors dudit territoire et de ses acteurs nodaux en matière de préservation de l'environnement et de gestion de l'éclairage public. Pour cette raison, **le projet MITI-PLUM intègre d'emblée, au sein de son équipe, trois collègues du Parc naturel régional de Brière**. Ils aideront les chercheurs à regrouper les données naturalistes préexistantes à l'étude et relayeront auprès des autres acteurs territoriaux (communes, syndicats intercommunaux d'énergie) les besoins (sites d'hébergement des capteurs photométriques, données SIG des parcs d'éclairage public), questionnements et résultats de l'équipe de recherche. **Les interactions avec le PNR de Brière et les autres acteurs territoriaux seront assurées en premier lieu par Samuel Challéat (UMR Géode) et Johan Milian (UMR Ladyss)**, tous deux géographes de l'environnement ayant participé au programme LARN (2019-2023, sous la dir. de Laurent Godet, UMR LETG) dont le terrain recouvrait en partie le PNR de Brière. **Le déploiement du réseau de photomètres sera assuré par Samuel Challéat et Sylvain Morvan (UMR Géode)**, sur la base de l'expérience acquise à La Réunion, où l'Observatoire de l'environnement nocturne installe, depuis 2021, le même matériel afin d'opérer un suivi long terme des effets de l'action publique environnementale de préservation de l'environnement nocturne sur l'évolution de la pression lumineuse. Toujours sur le fondement des acquis du terrain réunionnais, **Matthieu Renaud (UMR LUPM) et Samuel Challéat organiseront et traiteront le jeu de données météorologiques et de brillance du ciel nocturne**, ce afin de définir la typologie des conditions météorologiques locales favorisant l'accroissement de la pression lumineuse sur les milieux et les espèces qu'ils abritent ou sont susceptibles d'abriter transitoirement. **La production d'une connaissance fine de ces enjeux écologiques pérennes ou transitoires sera assurée par Laurent Godet (UMR LETG) et Kévin Barré (UMR Cesco)**, tous deux écologues — le premier spécialiste de l'avifaune locale et des écosystèmes qui l'abritent, le second spécialiste i) des effets écologiques de la lumière artificielle nocturne et ii) des solutions d'atténuation des dommages écologiques (e.g. solutions de bridage des éoliennes). Enfin, la construction et la mise en œuvre du *dashboard* croisant présence/absence d'enjeux écologiques et présence/absence de conditions météorologiques susceptibles de démultiplier les effets négatifs de la lumière artificielle nocturne sur l'environnement sera confiée à un **prestataire en développement web**. Cet outil sera également celui qui alertera en temps réel le PNR de Brière sur ces "moments et zones à enjeux lumière artificielle", permettant à cet acteur nodal en matière de préservation de l'environnement de relayer ces alertes auprès des maires, décisionnaires finaux en matière de gestion de l'éclairage public.

Figures

Figure 1. Photographie d'un photomètre TESS-W [installé par l'équipe de l'Observatoire de l'environnement nocturne à La Réunion](#). Le projet MITI-PLUM fera appel au même matériel.



BUDGET

1 – Budget détaillé et justifié par poste de dépenses et par équipe

ANNÉE 1 (2024)		ANNÉE 2 (2025)	
Déplacements Détail : <ul style="list-style-type: none"> • Réunion de lancement du programme en présence de l'ensemble de l'équipe + élus et techniciens collectivités, Maison du Parc naturel régional de Brière : 3 000 € • Deux missions (15 jours chacune) de déploiement de la première tranche du réseau de capteurs photométriques : 5 000 € • Déplacement de trois membres de l'équipe pour la journée de restitution intermédiaire : 500 € <p style="text-align: right;">Total 8 500 €</p>		Déplacements Détail : <ul style="list-style-type: none"> • Une mission (15 jours) de déploiement de la deuxième tranche du réseau de capteurs photométriques : 2 500 € • Environnement du stage de Master 2 (aide à l'hébergement, frais de terrain) : 4 000 € • Deux réunions de l'ensemble de l'équipe + prestataire dashboard + élus et techniciens collectivités, Maison du Parc naturel régional de Brière (démarrage année 2 + fin de programme) : 7 000 € <p style="text-align: right;">Total 13 500 €</p>	
Fonctionnement Détail : <ul style="list-style-type: none"> • Véhicule 4x4 UMR GÉODE (facturation interne laboratoire) : 3 000 € <p style="text-align: right;">Total 3 000 €</p>		Fonctionnement Détail : <ul style="list-style-type: none"> • Véhicule 4x4 UMR GÉODE (facturation interne laboratoire) : 3 000 € <p style="text-align: right;">Total 3 000 €</p>	
Équipement Détail : <ul style="list-style-type: none"> • 50 photomètres TESS-W (coût unitaire : 230,00 €) = 11 500 € • 50 adaptateurs secteur/USB type A (coût unitaire : 8 €) = 400 € • 10 répéteurs WiFi (coût unitaire : 100 €) = 1 000 € • Petit matériel pour l'installation des photomètres (câbles, gaines, équerres, chevilles, visses, etc.) = 800 € <p style="text-align: right;">Total 13 700 €</p>		Équipement Détail : <ul style="list-style-type: none"> • 20 photomètres TESS-W (coût unitaire : 230,00 €) = 4 600 € • 20 adaptateurs secteur/USB type A (coût unitaire : 8 €) = 160 € • 5 répéteurs WiFi (coût unitaire : 100 €) = 500 € • Petit matériel pour l'installation des photomètres (câbles, gaines, équerres, chevilles, visses, etc.) = 300 € <p style="text-align: right;">Total 5 560 €</p>	
Prestations de service Détail : <ul style="list-style-type: none"> • Première étape de production du dashboard intégrant le système d'alertes (étape "UX Design", cf. devis prestation de service développement web) : 2 800 € <p style="text-align: right;">Total 2 800 €</p>		Prestations de service Détail : <ul style="list-style-type: none"> • Finalisation et développement web du dashboard intégrant le système d'alertes (étapes "UI Design" + "Développement web", cf. devis prestation de service développement web) : 2 800 + 3 900 = 6 700 € <p style="text-align: right;">Total 6 700 €</p>	
TOTAL (ne doit pas excéder 30 k€)	28 000 €	TOTAL (ne doit pas excéder 30 k€)	28 760 €

2 – Justification de la demande de financement exceptionnel de matériel informatique

Pas de demande de financement exceptionnel de matériel informatique.

3 – Demande d'un stage de Master.

Demande d'un stage de **Master 2 d'une durée de 6 mois**. Le stage se déroulera **au cours de l'année 1** du projet. Profil recherché : géographie de l'environnement, biogéographie, interface environnement-société. Le stage sera **co-encadré par Samuel Challéat (UMR Géode) et Laurent Godet (UMR LETG), accueilli administrativement au sein de l'UMR5602 Géode** et physiquement au sein du PNR de Brière. Deux missions seront confiées à l'étudiant-e retenu-e pour ce stage : (i) passation de l'enquête déployée dans le cadre du WP2 (Connaissance sociospatiale de l'acceptation des réductions de l'éclairage public) et (ii) compilation & organisation des données naturalistes existantes sur le territoire d'étude dans le cadre du WP3 (Connaissance spatio-temporelle des besoins écologiques d'obscurité). Ces deux missions requièrent une présence continue au sein du Parc naturel régional de Brière et des interactions fréquentes avec les agents du Parc, mais également les acteurs associatifs (LPO, groupe mammalogique, etc.) et, bien sûr, les élus et habitants du territoire.

VISA DU DIRECTEUR OU DE LA DIRECTRICE D'UNITE

Signature



Handwritten signature in blue ink. To the right is a circular blue stamp with the following text: "UMR5602 CNRS UT2J" at the top, "Vanessa PY-SARAGAGLIA Directrice" in the center, and "GÉODE Géographie de l'environnement" at the bottom.