



Ciel nocturne dans une cité urbaine

La pollution lumineuse et les insectes

Par Alexis Borges et Bruno Didier

Perte d'habitat, pollution chimique, espèces envahissantes et changements climatiques sont sans doute les principales causes du déclin des insectes, mais l'éclairage artificiel nocturne y contribue. Les résultats scientifiques s'accumulent¹, qui montrent l'effet nocif de cette pollution sur les individus d'espèces variées.

La pollution lumineuse moderne diffuse à travers l'atmosphère bien au-delà des centres urbains. Elle affecte désormais des zones relativement désertes, déjà impactées par les réseaux routiers

et les véhicules qui les traversent. Depuis 1992, les niveaux de pollution lumineuse ont doublé dans les zones à forte biodiversité. Ces 5 dernières années, plus de 23 % de la surface terrestre a connu une

élévation artificielle des niveaux de luminosité du ciel nocturne. Selon certaines estimations, un tiers des insectes attirés par des sources lumineuses artificielles fixes meurent avant le matin, soit par épuisement, soit par prédation ; les insectes attirés par les phares des véhicules meurent probablement immédiatement. On estime à 100 milliards le nombre d'insectes tués chaque été en Allemagne par attraction lumineuse. Dans plusieurs pays d'Europe, des études sur plusieurs décennies ont montré en particulier des déclinés disproportionnés chez



Image composite de la terre vue de l'espace, de nuit - Cliché NASA, 2012

¹ Cet article est largement basé sur « Light pollution is a driver of insect declines », A. C.S. Owens *et al.*. *Biological Conservation* 241(2020), en ligne à www.researchgate.net, qui se réfère à plus de 200 articles.



L'attractivité de beaucoup d'insectes nocturnes par la lumière diffusée la nuit est mise à profit depuis longtemps par les entomologistes pour les étudier - Cliché Philippe Mothiron



Le Sphinx demi-paon saisi au repos - Cliché A. Borges

les papillons de nuit par rapport aux espèces diurnes dans les sites pollués par la lumière artificielle.

Perturbations temporelles et spatiales

Entre espèces diurnes et nocturnes les cycles d'activité quotidiens sont gommés par l'illumination permanente. Quand se nourrir, se reposer, se reproduire ? L'éclairage artificiel nocturne a un impact sur les fonctions biologiques vitales des insectes, liées ou non au comportement de vol dirigé vers la lumière, en prolongeant ou réduisant leurs périodes d'activité (propres à chaque espèce) et celles des espèces

avec lesquelles elles interagissent normalement.

Ces changements immédiats de comportement peuvent s'accompagner de modifications plus complexes, physiologiques, déclenchées par la lumière.

Les lumières artificielles, en attirant ou repoussant les individus (phototaxie négative ou positive), délimitent également de nouveaux espaces. Un linéaire de lampadaires constituera un obstacle infranchissable à des migrations saisonnières sur de longues distances comme sur les courts déplacements journaliers. Les zones d'activité nocturnes les plus vastes sont fragmentées, et la disponibilité de refuges diurnes et

nocturnes sombres, déjà impactée par la déforestation et la fragmentation des habitats se réduit encore. Un effet secondaire de la lumière artificielle nocturne (LAN) même faible, est qu'elle peut perturber les signaux des astres servant de repère pour l'orientation de nombreuses espèces d'insectes (voir encadré), elle modifie la vision des insectes comme la visibilité de leur environnement. Elle gêne aussi les observations des astronomes...

L'ensemble de ces perturbations environnementales, ainsi que leurs conséquences directes ou indirectes, affectent de nombreuses espèces dans leurs activités essentielles d'alimentation et de reproduction.

Recherche de nourriture

L'activité alimentaire peut être perturbée de plusieurs manières. Les insectes nocturnes ne sont pas actifs toute la nuit mais, dans leur grande majorité, du crépuscule au milieu de la nuit. Certains ne voleront qu'à la fin du crépuscule (cas des Lépidoptères Héliptilidés) alors que d'autres ne débiteront leur activité qu'après minuit (exemple du Sphinx demi-paon *Smerinthus ocellata*, Sphingidé). Des insectes diurnes ou crépusculaires incités à poursuivre leur activité en début de nuit peuvent subir des stress dus à des températures plus basses. Des insectes nocturnes voient leur taux de croissance réduit

Le chemin des étoiles

Les adultes de *Scarabaeus satyrus* (Col. Scarabéidé) utilisent la lumière polarisée des étoiles pour s'éloigner des bouses et aller enterrer leur pilule¹. Près des côtes, plusieurs espèces littorales de noctuelles (la Noctuelle sablonneuse *Lacanobia blenna* ou la Noctuelle du littoral *Agrotis ripae*) repèrent la limite terre-mer grâce à l'éclairage des astres (rappelons que les papillons de nuit disposent d'une adaptation des yeux à la vision nocturne – structure en superposition des yeux composés – permettant une amplification des lumières naturelles).

¹ À relire, l'Épingle de 2012 « Le pilulier et la galaxie » à www.insectes.xyz/epingle13.htm#gal

en raison de cette concurrence et/ou d'une réduction spatiale de leur niche écologique.

Plusieurs espèces de papillons nocturnes réduisent la fréquence et la durée d'alimentation sous éclairages artificiels. Cette réduction est encore plus grave lorsqu'il y a une désynchronisation avec la ressource florale dont ils assurent la pollinisation. Globalement, l'éclairage artificiel nocturne a un effet déstabilisant sur les communautés de pollinisateurs nocturnes avec une réduction des visites aux fleurs dont ils assurent la pollinisation. Par effet cascade, la réduction de la pollinisation induit une baisse de la production de fruits et donc une baisse de ressource alimentaire pour les pollinisateurs diurnes qui s'en nourrissent.

Certains floricoles vont manquer les sources de nourriture, même abondantes, lorsqu'elles se trouvent éclairées par des lumières artificielles. D'autres vont éviter ces mêmes ressources du fait d'une prédation accrue par les oiseaux, micro-mammifères ou invertébrés insectivores attirés par la concentration d'insectes.

Les LAN peuvent également provoquer des cascades trophiques inattendues par leurs effets sur les plantes ou sur les ennemis naturels des insectes. Par exemple, elles réduisent l'abondance florale des pois, offrant moins d'habitats au Puceron vert et rose du pois (*Acyrtosiphon pisum*, Hém. Aphididé) dont les colonies s'installent à la base des fleurs. Ce sera autant de proies en moins pour les guêpes parasitoïdes qui s'en nourrissent.

Enfin, c'est l'effet le plus massif et le plus connu, les LAN attirent les insectes nocturnes au phototactisme positif tels que les imagos d'insectes aquatiques (punaises, Trichoptères, Éphémères et Coléoptères) et la plupart des Lépidoptères nocturnes (macrohétérocères, pyrales) qui, quand ils nemeurent pas d'épuisement ou de prédation, ne peuvent plus se nourrir ni polliniser normalement.

Perturbation de la reproduction

En modifiant leurs périodes et durées d'activité, les éclairages nocturnes artificiels peuvent réduire ou supprimer la période pendant laquelle les insectes parquent et s'accouplent. D'autant que, souvent, les adultes ont une durée de vie courte (en France près de la moitié des Lépidoptères nocturnes non-hivernants se nourrissent entre 7 et 20 jours en moyenne sur une seule période de l'année). Les LAN peuvent encore empêcher le rapprochement physique d'individus plus ou moins éloignés.

La Noctuelle de l'épi de maïs (*Helicoverpa zea*) ne s'accouple jamais lorsque le niveau de lumière ambiante est supérieur à celui produit par un quart de la lune ; chez la plupart des lucioles (Col. Lampyridés) la parade nuptiale nécessite l'échange de signaux bioluminescents qui sont atténués ou inhibés par l'éclairage artificiel au point que les femelles du Ver luisant *Lampyris noctiluca* réceptives perchées sous les lampadaires ne sont jamais accouplées ; d'autres insectes peuvent voir mais ne pas reconnaître leur congénère : les mâles de *Coprophanaeus lancifer* (Col. Scarabéidé, crépusculaire) ont une coloration qui reflète la lumière violacée du crépuscule. Celle-ci est moins visible pour les femelles sous une lumière artificielle.



Cette femelle du Bombyx de la Ronce a pondu sous l'effet du stress occasionné par l'éclairage mis en place par l'entomologiste - Cliché A. Borges

La perturbation lumineuse peut affecter différemment le comportement des reproducteurs et par-delà le sex-ratio de l'espèce : en général, les femelles de macrolépidoptères nocturnes ont tendance à être moins fortement attirées par les lumières artificielles nocturnes que les mâles de la même espèce. Les femelles qui se trouvent dans les pièges lumineux sont souvent gravides et peuvent être « obligées » de pondre dans la zone immédiate (souvent assimilé à une sorte de stress pre-mortem – exemple du Bombyx de la ronce *Macrothylacia rubi*, Lasiocampidé), quelle que soit la pertinence de l'habitat. Enfin, la lumière artificielle polarisée des panneaux solaires trompe fréquemment, de nuit, les insectes aquatiques².

² De même que celle des tombes en granit noir poli. Voir l'Épingle « Blanc et noir » de 2016 à /epingle16.htm#bla



Cette Tarentule commune (*Tarentola mauritanica*) chasse sous la lumière d'un lampadaire dans les Bouches-du-Rhône - Cliché © CACP - Gilles Carcassès



Insectes attirés par un éclairage LED, notamment une Écaille villageoise *Arctia villica* (Lép. Érébidé) - Cliché A. Borges

Les LED et les insectes

Les éclairages à LED (diodes électroluminescentes), peu coûteuses et moins énergivores que les lampes à fluorescence, incandescence etc., sont désormais très largement utilisées (lampadaires, luminaires, écrans, véhicules...). On peut les produire de différentes couleurs, typiquement les jaune, vert, rouge et bleu, pour la signalisation notamment. Le blanc est obtenu par l'ajout à une LED bleue puissante d'un luminophore jaune, en veillant à ce que la composante bleue subsistante soit la plus réduite possible, à cause de ses effets néfastes (norme NF EN 62 471). Cependant on peut également obtenir une couleur blanche en utilisant une LED de base ultraviolette et des matériaux phosphorescents.

Par ailleurs, les LED n'ont pas un spectre régulier : elles émettent naturellement sur une plage de couleurs très réduite, dépendant des matériaux employés par tel ou tel constructeur.

En 2014, une étude de grande ampleur a permis d'établir que les éclairages extérieurs nocturnes de fortes puissances équipés de lampes à LED attiraient 48 % plus d'invertébrés volants en moyenne que les lampes à vapeur de sodium, du fait de cette composante bleue.

Pour rappels, les lampes à vapeur de sodium, quelque peu attractives, ont équipé et équipent encore la plupart des éclairages de l'espace public, succédant aux lampes à vapeur de mercure ; quant aux insectes, la plupart ont des yeux qui du fait de leurs pigments visuels les rendent sensibles au UV (300-400 nm), au bleu (400-500 nm) et à une partie de la lumière visible (500-600 nm).

Par conséquent, le risque existe de voir utiliser les LED à outrance en raison de leur moindre consommation électrique, sans connaître leur spécification technique propre vis-à-vis des insectes, réduisant alors les zones de continuité de l'obscurité indispensable au maintien en bon état des populations d'insectes nocturnes.

L'éclairage artificiel nocturne peut également avoir un impact direct sur le développement et la physiologie des insectes et donc sur leur succès reproducteur. L'exposition à une lumière constante est connue pour stériliser les mâles, supprimer l'émission des phéromones sexuelles femelles, ou encore interférer avec la ponte des papillons de nuit, probablement en raison de la perturbation du calendrier circadien du développement reproducteur. Il a également été démontré que l'exposition à différents rapports de lumière bleue ou rouge la nuit modifie considérablement le sex-ratio de guêpes parasitoïdes.

Augmentation de la prédation

Les densités importantes d'insectes captés par le halo des lumières artificielles sont plus facilement repérées par les prédateurs. Ces profiteurs sont nombreux et variés : arthropodes (araignées, opilions, mantes, carabes, coccinelles...), chauves-souris insectivores, micro-mammifères (musaraignes, mulots, hérissons), oiseaux, reptiles et amphibiens. En général, les insectes ne semblent pas capables de se défendre contre l'augmentation de la pression de prédation. Les papillons de nuit qui pratiquent l'évitement des chauve-souris³ ne sont pas capables de le mettre en œuvre lorsqu'ils sont captés par une source lumineuse.

La nuit, certains prédateurs « inhabituels », des poissons et certains oiseaux diurnes, voient mieux ces proies sous les lumières artificielles. Certains invertébrés aussi : le Puceron vert et rose du pois est plus souvent dévoré la nuit sous éclairage par des coccinelles à orientation visuelle (*Coccinella septempunctata*). D'autre part, l'éclairage artificiel

peut réduire l'efficacité des signaux d'avertissement, comme les leurs aposématismes des insectes noctiluques ou la coloration aposématique des papillons diurnes *Heliconius*, faites pour être vues de jour. Enfin, conséquence indirecte, certains prédateurs en observant une proie en LAN apprennent à la reconnaître plus facilement en plein jour.

Perturbations physiologiques

L'arythmie circadienne (perte des rythmes d'alternance biologique jour/nuit) mène à une déficience de la fonction immunitaire, à une fécondité réduite et à une durée de vie plus courte. Des photopériodes allongées artificiellement retardent le développement des insectes qui hibernent en tant que juvéniles (cas étudiés chez le Criquet migrateur *Locusta migratoria* et le thrips *Megalurothrips sjostedti*), tandis qu'il accélère le développement d'autres insectes – cas d'étude de la coccinelle multivoltine *Coelophora saucia*, du Puceron de la vesce *Megoura viciae* et de la punaise prédatrice *Orius sauteri* (Hém. Anthocoridé).

Les insectes sont désynchronisés du climat (extérieur), de leurs congénères de sexe opposé, des plantes hôtes, des sources de nourriture, etc. Les conséquences sur la survie, la reproduction et la physiologie sont catastrophiques.

Les lumières artificielles interfèrent aussi avec la production d'hormones régulant les rythmes circadiens et le métabolisme. C'est le cas pour la mélatonine, particulièrement avec les lumières à faible longueur d'onde. Cette hormone est principalement produite dans l'obscurité et supprimée par la lumière bleue. Son oscillation quotidienne aide à réguler les rythmes circadiens d'activité des insectes ainsi que le photopériodisme circannuel.

³ Plusieurs espèces ont été étudiées de ce pont de vue parmi les Érébidés et les Noctuidés. À relire : Les moyens de défense des papillons nocturnes contre les chauves-souris insectivores, par Johanne Gouaillier, *Insectes* n°151, 2008(4), en ligne à pdf/i151-gouaillier.pdf

Législation

« Les émissions de lumière artificielle de nature à présenter des dangers ou à causer un trouble excessif aux personnes, à la faune, à la flore ou aux écosystèmes, entraînant un gaspillage énergétique ou empêchant l'observation du ciel nocturne feront l'objet de mesures de prévention, de suppression ou de limitation ». Article 41 de la loi Grenelle mis en application avec l'Arrêté du 27 décembre 2018 du Code de l'environnement dressant notamment la liste des installations concernées (art. R.583-2).

Dès lors, pour ces installations, des obligations d'extinctions sont applicables telles que :

- Les éclairages intérieurs de locaux à usage professionnel doivent être éteints une heure après la fin de l'occupation de ces locaux ;
- Les illuminations des façades des bâtiments doivent être éteintes au plus tard à 1 heure du matin et ne peuvent être allumées avant le lever du soleil ;
- Les éclairages des vitrines de magasins de commerce ou d'exposition peuvent être allumés à partir de 7 heures du matin (ou une heure avant le début de l'activité si celle-ci s'exerce plus tôt). Ils sont éteints au plus tard à 1 heure du matin (ou une heure après la fin de l'occupation de ces locaux si celle-ci intervient plus tardivement).

Cas à part : Décret n°2012 118 du 30 janvier 2012 relatif à la publicité extérieure, aux enseignes et aux pré-enseignes : Les publicités lumineuses doivent être éteintes entre 1 h et 6 h.

L'autorité ayant le pouvoir de contrôle du respect des dispositions est le maire ou l'État.

La liste des installations concernées est consultable à www.legifrance.gouv.fr

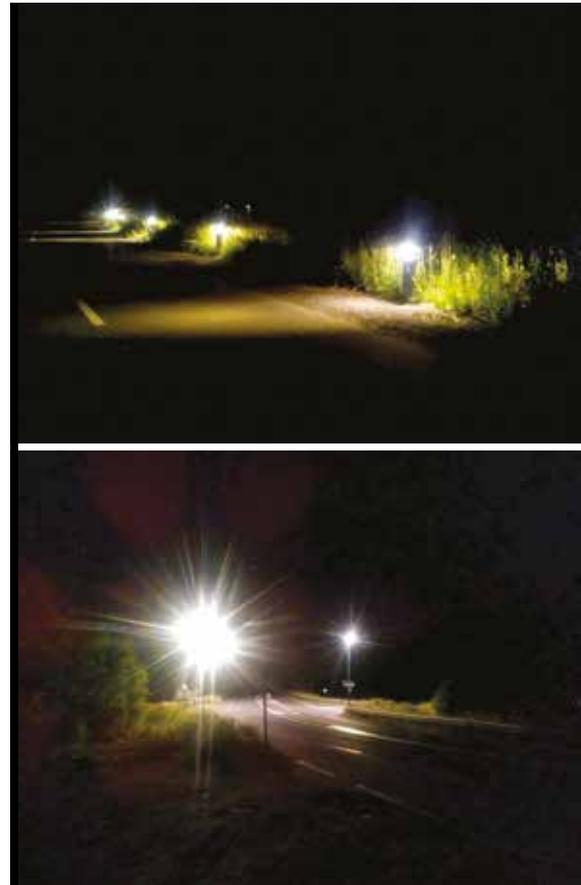


Signalisations à l'entrée d'agglomérations ayant adopté des mesures respectueuses de l'environnement nocturne - Cliché Chabe01 et Segnarsged, commons.wikimedia.org/ CC BY-SA 4.0

Recommandations pour l'avenir

Les LED monochromatiques peuvent être conçues pour minimiser les effets nocifs sur les insectes⁴. Beaucoup d'entre eux sont capables de percevoir les longueurs d'onde ultraviolettes, qui les attirent, mais sont assez insensibles au rouge, au rouge foncé et à l'infrarouge. Cependant, il faut aussi tenir compte des besoins spectraux des autres animaux et des plantes qui ne sont pas toujours en phase avec ceux des insectes. Actuellement, de nombreux luminaires à LED sur le marché, trop brillants et à large spectre, ne sont pas inoffensifs (voir encadré). Souvent, il s'avère beaucoup plus facile, rapide et économique d'éteindre un éclairage artificiel lorsqu'il n'est pas vraiment utile que de trouver le type d'ampoule particulier ou le filtre qui ménage les insectes tout en maintenant assez de lumière pour les activités humaines. Aussi, plutôt que de trop se centrer sur le filtrage, les efforts devraient être orientés vers les méthodes d'atténuation spatiale : limitation de l'éclairage au niveau des zones souhaitées (trottoirs) ; gradation des sources lumineuses au plus bas de l'intensité acceptable ; et - peut-être le plus important - réduire le nombre d'appareils installés à l'intérieur et aux alentours des espaces écologiquement vulnérables. Enfin, l'usage de détecteurs de mouvements et les minuteries automatiques, qui éteignent les lumières lorsqu'elles ne sont pas nécessaires ou lorsque les espèces vulnérables peuvent être impactées (par exemple, période de reproduction d'espèces ciblées, etc.), peut grandement améliorer la survie de nombreux insectes à activité nocturne. La pollution lumineuse apparaît comme un facteur du déclin des insectes relativement simple à minimiser, et d'effet immédiat.

⁴ Cependant, les LED (lampes froides), sont soupçonnées d'émettre des ultrasons qui pourraient avoir de graves conséquences sur la physiologie des insectes.



Exemples d'éclairages peu utiles et mal orientés (en haut) et inutilement surpuissant (en bas) - Clichés A. Borges

En cohérence avec la Trame verte et bleue, la gestion de la lumière artificielle nocturne accompagne la restauration des réseaux écologiques. On voit ainsi émerger l'idée d'une « trame noire » dont la mise en place passe par l'identification des points de conflit entre ces réseaux et l'éclairage nocturne, suivie par des mesures de préservation ou de restauration. En France plusieurs projets ont déjà été menés, par exemple par le Parc national des Pyrénées, la métropole lilloise ou la Ville de Douai. ■

À relire, les Épingles : Les côtés noirs des pièges lumineux (déc. 2017) à www.insectes.xyz/epingle17.htm#lum ; L'éclairage moderne et les moucherons (janv. 2017) à [/epingle17.htm#ecl](http://epingle17.htm#ecl) ; Les lumières de la ville (avril 2016) à [/epingle16.htm#lum](http://epingle16.htm#lum) ; Plus noire est la nuit... (juillet 2015) à [/epingle15.htm#plu](http://epingle15.htm#plu) ; Le pilulier et la Galaxie (février 2013) à [/epingle13.htm#gal](http://epingle13.htm#gal) ; Pilulier tourneur (avril 2012) à [/epingle12.htm#pil](http://epingle12.htm#pil) ; Travail de nuit (août 2003) à [/epingle03.htm#lune](http://epingle03.htm#lune) ; Les couleurs de la nuit (déc. 2002) à [/epingle02.htm#cou](http://epingle02.htm#cou)