

> (Australie), et ses collègues, la comparaison de deux populations de la côte est de l'Australie (l'une exposée à de la lumière artificielle nocturne, l'autre non) a révélé un retard de un mois du pic de naissances chez les animaux de la zone polluée par la lumière. La croissance de l'embryon est normalement liée à de tout petits changements de la durée de la nuit, de l'ordre de six minutes, changements que les animaux ne peuvent plus percevoir dans les zones où sévit la pollution lumineuse. Comme chez toutes les espèces animales, les naissances sont souvent en phase avec le pic d'abondance de nourriture, et un décalage temporel trop important a généralement des conséquences graves sur la survie des jeunes et le maintien des populations.

L'impact biologique de la lumière artificielle nocturne dépend de son intensité, mais aussi des longueurs d'onde auxquelles sont exposés les animaux. Selon les travaux menés ces dernières années par Jenny Ouyang, de l'université du Nevada, et ses collègues, les longueurs d'onde courtes et moyennes comme le bleu (produites par les LED blanches), induisent chez les humains, les rongeurs, les oiseaux et les poissons une plus forte réduction de la synthèse de mélatonine que les grandes longueurs d'onde comme le orange-rouge.

UNE NOUVELLE FORME DE PERTURBATEUR ENDOCRINIEN

Une perception altérée de la longueur du jour a un impact important sur la reproduction saisonnière *via* une dérégulation de la production d'hormones sexuelles. Chez de nombreuses espèces, la longueur du jour constitue un signal pour le démarrage de l'activité reproductrice au printemps. En augmentant la durée perçue du jour, la lumière artificielle nocturne a pour conséquence d'avancer le début de leur saison de reproduction. C'est ce que l'on constate chez de nombreux oiseaux vivant dans des zones urbaines, par rapport à leurs congénères des zones rurales.

Au début des années 2010, afin d'évaluer les effets à long terme de l'exposition chronique à la lumière artificielle nocturne, Davide Dominoni et ses collègues de l'institut Max-Planck d'ornithologie, en Allemagne, ont soumis des merles à une faible intensité lumineuse nocturne (0,3 lux) en continu pendant deux ans. Au cours de la première année, les merles exposés à cette lumière présentaient un cycle gonadique fonctionnel, mais plus précoce que chez les oiseaux témoins. La deuxième année, leur appareil reproducteur ne s'est pas développé : la taille des testicules et la concentration de testostérone étaient au même niveau que celles enregistrées hors saison de reproduction.

Ainsi, la lumière artificielle nocturne affecte le fonctionnement de plusieurs systèmes



endocriniens et, à ce titre, on peut la considérer comme une nouvelle forme de « perturbateur endocrinien ». Elle peut même provoquer, directement ainsi que *via* la modification du patron de sécrétion de la mélatonine, une sécrétion accrue d'hormones de stress (des glucocorticoïdes) chez les vertébrés.

Jenny Ouyang et ses collègues ont observé ce phénomène en 2015 chez des poussins de mésanges charbonnières élevés en milieu naturel avec de la lumière blanche la nuit, que les chercheurs comparaient à des poussins élevés sans lumière nocturne ou avec de la lumière verte ou rouge. Or une augmentation chronique du taux de glucocorticoïdes induit généralement une diminution des défenses immunitaires, bien que cet aspect n'ait pas été étudié chez les mésanges.

Le système immunitaire peut aussi être perturbé par d'autres voies. En exposant des grillons australiens *Teleogryllus commodus* à de la lumière nocturne, Joanna Durrant et ses collègues, de l'université de Melbourne, en Australie, ont en 2019 mis en évidence que l'immunité de ces insectes diminue. Pourtant, comme les autres insectes et arthropodes, ces grillons ne produisent pas de glucocorticoïdes. L'effet négatif de la pollution lumineuse sur l'immunité semble donc général, bien que les mécanismes en jeu restent à préciser.

La lumière nocturne modifie par ailleurs le comportement de nombreuses espèces animales. Certaines espèces sont attirées par la lumière (on parle de phototactisme positif), tandis que d'autres ont tendance à la fuir. Les espèces à phototactisme positif sont particulièrement vulnérables face à la lumière artificielle nocturne. En effet, une fois attirées, elles sont piégées par la source lumineuse et ne

Les tortues marines (ici des caouannes, *Caretta caretta*) qui naissent la nuit sur une plage doivent rejoindre dans les plus brefs délais la mer. Pour se diriger, elles s'appuient sur la différence de luminosité entre la partie océanique et la partie terrestre de leur horizon, la surface de la mer réfléchissant davantage la faible lumière ambiante. La présence d'éclairages artificiels sur le littoral perturbe cette orientation.

parviennent plus à s'en éloigner. C'est notamment le cas des insectes.

Gerhard Eisenbeis, de l'université Johannes-Gutenberg, et Andreas Hänel, du musée d'Osnabrück, en Allemagne, ont publié en 2009 leurs travaux montrant que les lampadaires classiques, équipés de lampe à vapeur de sodium, attiraient, dans le sud-ouest de l'Allemagne, en moyenne une centaine d'insectes par nuit durant l'été. Il s'agit essentiellement de diptères (mouches, moustiques...), de coléoptères et de lépidoptères (papillons de jour ou de nuit). Environ 30 à 40% des individus attirés meurent rapidement soit par la chaleur du contact avec la lampe, soit par déshydratation. Les autres restent le plus souvent piégés par la lumière, incapables de se nourrir ou de rechercher un partenaire pour la reproduction.

Pour se faire une idée de l'étendue des dégâts causés, prenons l'exemple de la France. D'après l'Association française de l'éclairage, il existe 9 millions de points lumineux d'éclairage public. Une simple multiplication indique alors qu'en un seul été, plus de 2 000 milliards d'insectes disparaissent à cause de l'éclairage public ! Et pour être complet, il faudrait ajouter tous les éclairages privés (vitrines, éclairages des particuliers, des sites industriels...). Ce chiffre, bien qu'approximatif, montre que

l'éclairage de nuit affecte de façon notable la biodiversité, puisque les insectes font souvent partie des premiers maillons de la chaîne alimentaire et qu'ils constituent la nourriture principale de nombreuses espèces de vertébrés, d'oiseaux en particulier, et d'autres arthropodes.

LES OISEAUX PIÉGÉS ET DÉSORIENTÉS

Les oiseaux aussi paient un lourd tribut à la pollution lumineuse. Alors que plus de la moitié des espèces migrent de nuit en utilisant la voûte céleste ou le champ géomagnétique pour s'orienter, la lumière artificielle nocturne altère leur comportement et interfère avec leur système d'orientation. Une étude publiée en 2017 par Benjamin Van Doren et ses collègues, du laboratoire Cornell d'ornithologie, aux États-Unis, le démontre. Ces chercheurs ont évalué, à l'aide de radars et de capteurs acoustiques, l'effet des deux faisceaux lumineux symbolisant les deux tours jumelles du World Trade Center, à New York. Ils ont estimé que ce monument mémoriel lumineux, nommé Tribute in Light, a « piégé » environ 1,1 million d'oiseaux lors des 49 jours de suivi (étalés entre 2008 et 2016) !

Beaucoup d'oiseaux s'épuisent à tourner en rond et un certain nombre d'entre eux tombent au sol ou finissent par percuter les bâtiments. L'organisation non gouvernementale Fatal Light Awareness Program a ainsi estimé que, chaque année, pour la seule ville de Toronto, au Canada, 1 à 10 millions d'oiseaux migrateurs périssent par collision avec les immeubles, les structures éclairées de nuit étant particulièrement meurtrières.

Enfin, plusieurs espèces utilisent la lumière présente naturellement la nuit pour s'orienter. C'est le cas de certains coléoptères, les bousiers, qui s'orientent grâce à la Voie lactée, ou des tortues marines, comme nous l'avons évoqué au début de l'article. Dans ces deux exemples, la pollution lumineuse perturbe l'orientation des animaux : les bousiers auront des difficultés à trouver leur source alimentaire et les tortues venant de naître tourneront le dos à la mer et se retrouveront sur les parkings et les routes du littoral, leurrées par la puissance des sources artificielles d'éclairage.

L'une des conséquences de la lumière artificielle nocturne et de la modification associée des comportements individuels est un changement dans les interactions des espèces. Grâce à leurs cycles de vie généralement courts, les insectes sont un groupe zoologique pour lequel cet aspect se prête à l'étude : on peut obtenir, sur une échelle de temps raisonnable, des informations sur la dynamique de leurs populations et le fonctionnement des communautés.

Les lampadaires de l'éclairage public tuent un nombre colossal d'insectes

