



Parc national
de La Réunion



**LE RÉFÉRENTIEL
POUR LES MÉDIATEURS, LES ENSEIGNANTS
ET LES CURIEUX**

POURQUOI ET
COMMENT
PRÉSERVER
LE FÉNOIR ?

**« L'obscurité, une ressource
commune à préserver »**

Samuel Challéat

POUR Y VOIR PLUS CLAIR...

1. De quoi parle t-on exactement ?	4
1.1 Pollution lumineuse: différentes définitions	
1.2 Une montée en puissance de la lumière	
1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle de nuit	
2. Quels sont les impacts ?	26
2.1 Sur l'Homme (santé, confort, sécurité)	
2.2 Sur l'observation du ciel	
2.3 Sur la biodiversité (flore et faune)	
2.5 Sur nos dépenses	
3. Mais au fait, que dit la loi?	42
4. Vers une sobriété énergétique	44
4.1 Mieux éclairer	
4.2 Réaliser des économies	
5. Alors, qu'est-ce qu'on fait?	48
6. Lexique	50
7. Bibliographie et ressources	52

1. De quoi parle-t-on exactement?

1.1 Pollution lumineuse : différentes définitions

Qu'est-ce que la pollution lumineuse?

La notion de pollution lumineuse est apparue dans les années 1980, en lien avec l'industrialisation et l'expansion de l'urbanisation.

On parle de pollution lumineuse quand la lumière artificielle extérieure entraîne la disparition du ciel étoilé par effet masquant, et /ou une dégradation des conditions de vie des espèces animales (y compris l'Homme) et végétales.

Qui en a parlé en premier?

Ce sont les astronomes qui, les premiers, ont rapporté la dégradation rapide de l'environnement nocturne due à la lumière artificielle de nuit. Depuis, de nombreux chercheurs et écologues se sont emparés du sujet.



La Terre vue de nuit depuis l'International Space Station (ISS) lors de l'expédition 49 le 24 septembre 2016.
Crédit: Tayuka Onishi.

Source : images-assets.nasa.gov/image/iss049e009356/iss049e009356~orig.jpg

1. De quoi parle-t-on exactement?

1.1 Pollution lumineuse : différentes définitions

Selon l'observateur, sa définition peut renvoyer plus précisément à :

Du point de vue de l'astronome :

On parle de « **pollution lumineuse astronomique** ». Elle masque la lumière des étoiles et des astres. Cela limite leurs études et contribue à la disparition de ce patrimoine naturel céleste.

Du point de vue de l'écologue :

On parle de « **pollution lumineuse écologique** ». Elle détériore les cycles de la lumière naturelle, l'alternance jour/nuit ou les saisons et induit des modifications sur le cycle de développement et /ou le comportement des espèces.

Du point de vue du physiologiste / médecin :

La « **pollution lumineuse** » est susceptible de perturber la santé physique et mentale de l'être humain. Ses effets sanitaires pourraient être l'inhibition de la sécrétion de **mélatonine***, l'altération du sommeil et des rythmes biologiques, et le cancer. Toutefois, les études chez l'humain ont un faible niveau de preuve.

1. De quoi parle-t-on exactement?

1.1 Pollution lumineuse : différentes définitions

Le halo lumineux, qu'est-ce que c'est ?

La lumière émise par les sources artificielles est :

- réfléchi par différentes surfaces
- dirigée, pour partie, directement vers le ciel
- très diffusée par les molécules de notre atmosphère.

Ces différents facteurs génèrent des halos lumineux au-dessus des zones urbanisées qui masquent le ciel nocturne et perturbent l'intégrité de la nuit.

Le halo lumineux est le dôme de lumière que l'on perçoit la nuit au-dessus des villes et espaces dont l'éclairage n'est pas adapté.

Plus il y a de pollution atmosphérique, plus il y a de particules en suspension dans l'atmosphère et plus il y a de pollution lumineuse.



1. De quoi parle-t-on exactement?

1.2 Une montée en puissance de la lumière

- En 1879, Thomas Edison invente **l'ampoule électrique incandescente**.
- L'Homme vit dans un environnement nocturne qui peut être jusqu'à 500 000 fois plus éclairé qu'il y a 140 ans (de 0,001 lux sous un ciel étoilé à 500 lux pour un travailleur de nuit).
- Et ça continue...
- L'éclairage planétaire s'est accru tant en quantité qu'en intensité. Entre 2012 et 2016, les surfaces éclairées ont **augmenté de 2,2% et la luminosité globale de 1,8%**.
- **80 % de l'humanité vit sous des cieux inondés de lumière artificielle**, dont 99% d'Occidentaux.
- **1 personne sur 3** dans le monde ne peut jamais voir la Voie lactée*.
- À La Réunion, la Voie lactée n'est **pas correctement visible sur 50% de la surface de l'île**.

1. De quoi parle-t-on exactement?

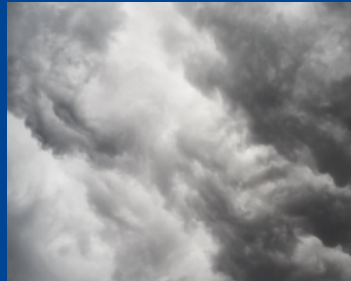
1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle

La luminosité à partir de sources naturelles

100 000 lux
Plein soleil



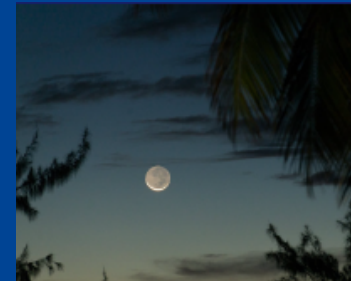
10 000 lux
Nuageux



10 lux
Coucher de soleil



0,2 lux
Clair de lune

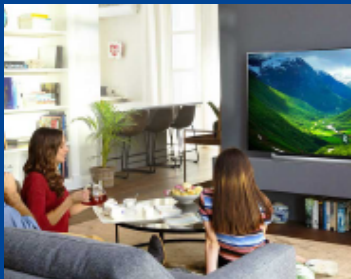


0,001 lux
Ciel étoilé



L'éclairage à partir de sources artificielles

5 à 75 lux
Grand écran TV



50 lux
Lampe de chevet



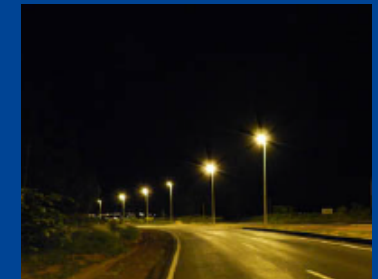
30 lux
Écran d'ordinateur



2 à 25 lux
Rue éclairée
par des lampadaires



2 à 250 lux
Grand boulevard
ou avenue éclairée



1. De quoi parle-t-on exactement?

1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle

Qu'est-ce que la nuit?

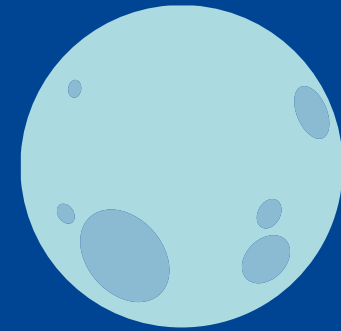
Quand la nuit commence-t-elle ? Et quand se termine-t-elle ?

En réalité, les termes de « nuit » et de « jour » sont une manière pour l'Homme de simplifier les choses. Le jour et la nuit sont bornés par les périodes d'aube et de crépuscule. **Comme la Terre ne s'arrête jamais de tourner sur elle-même, la luminosité en un point donné de sa surface varie, elle aussi, constamment.**

Le cycle jour / nuit est exactement de 24 heures sur Terre. Il correspond à une rotation complète de la Terre sur elle-même (en 23 heures et 56 minutes et 4 secondes) et à sa combinaison avec la rotation de la Terre autour du Soleil.

L'axe qui traverse la Terre du Nord au Sud n'est pas vertical mais est incliné de 23° . Cette obliquité induit une durée d'éclairement et d'obscurité inégale et variable selon la latitude où l'on se trouve, pour un même cycle de 24 heures.

La Terre tourne également autour de son étoile, le Soleil, en un an. Ce mouvement - qu'on appelle la révolution de la Terre autour du Soleil - implique la variation, pour une même localité, de la durée du jour et de la nuit au cours d'un cycle de 365 jours.



1. De quoi parle-t-on exactement?

1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle

Le cycle, dit **circannuel***, comporte quatre moments charnières :

- aux **équinoxes** de printemps et d'automne, la durée du jour et la durée de la nuit sont égales partout sur Terre.
- aux **solstices** d'été et d'hiver, les écarts entre la durée du jour et celle de la nuit sont les plus importants.

L'association de l'inclinaison de la Terre et sa révolution occasionnent une diversité de rythmes jour / nuit (lumière / obscurité).

Ainsi à l'équateur, un cycle de 24 heures comprend une période éclairée et une période obscure de même durée, 12 heures chacune, et ce tous les jours de l'année.

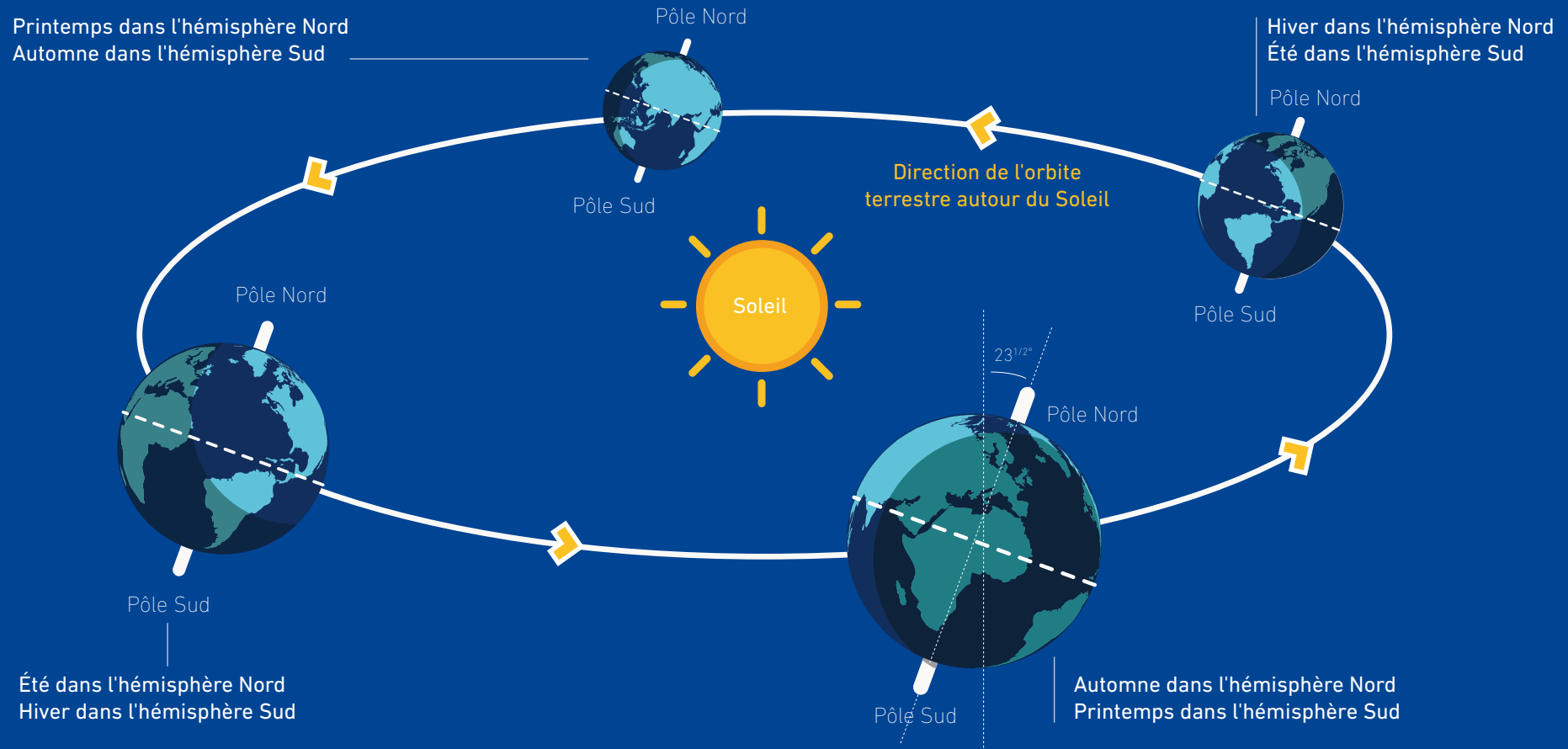
Par contre, aux pôles, selon le moment de l'année, la période éclairée et la période obscure occupent alternativement la totalité du cycle: il fait jour en permanence à certaines périodes (plusieurs mois), et nuit 24 heures sur 24 à d'autres.

Il est intéressant de constater que les peuples de ces contrées, tels que les Inuits au pôle Nord, continuent de distinguer le jour et la nuit, indépendamment de la présence ou l'absence de lumière / obscurité. Ils effectuent ainsi une dissociation conceptuelle entre l'alternance jour / nuit et l'alternance lumière / obscurité.

1. De quoi parle-t-on exactement?

1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle

Rotation de la Terre sur elle-même et autour du Soleil



1. De quoi parle-t-on exactement?

1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle

La nuit n'est jamais vraiment noire

La luminosité n'est pas nulle la nuit. Le ciel étoilé et la Lune (selon ses phases) nous procurent de la lumière :

- directement : les étoiles émettent de la lumière par les réactions de fusion nucléaire en leur cœur
- ou par réflexion : la Lune n'émet pas de lumière, c'est la lumière du Soleil qu'elle réfléchit. Une nuit de pleine Lune équivaut approximativement à 1/500 000 de la lumière du jour (0.2 lux versus entre 10 000-100 000 lux).

Mais, même sans Lune et sans étoile, dire que la nuit est noire est un raccourci qui traduit une vision **anthropocentrée***. En réalité, l'Homme caractérise la nuit par une absence de rayonnement solaire direct. Il existe en revanche de nombreux autres rayonnements qui peuvent être sources de lumière.

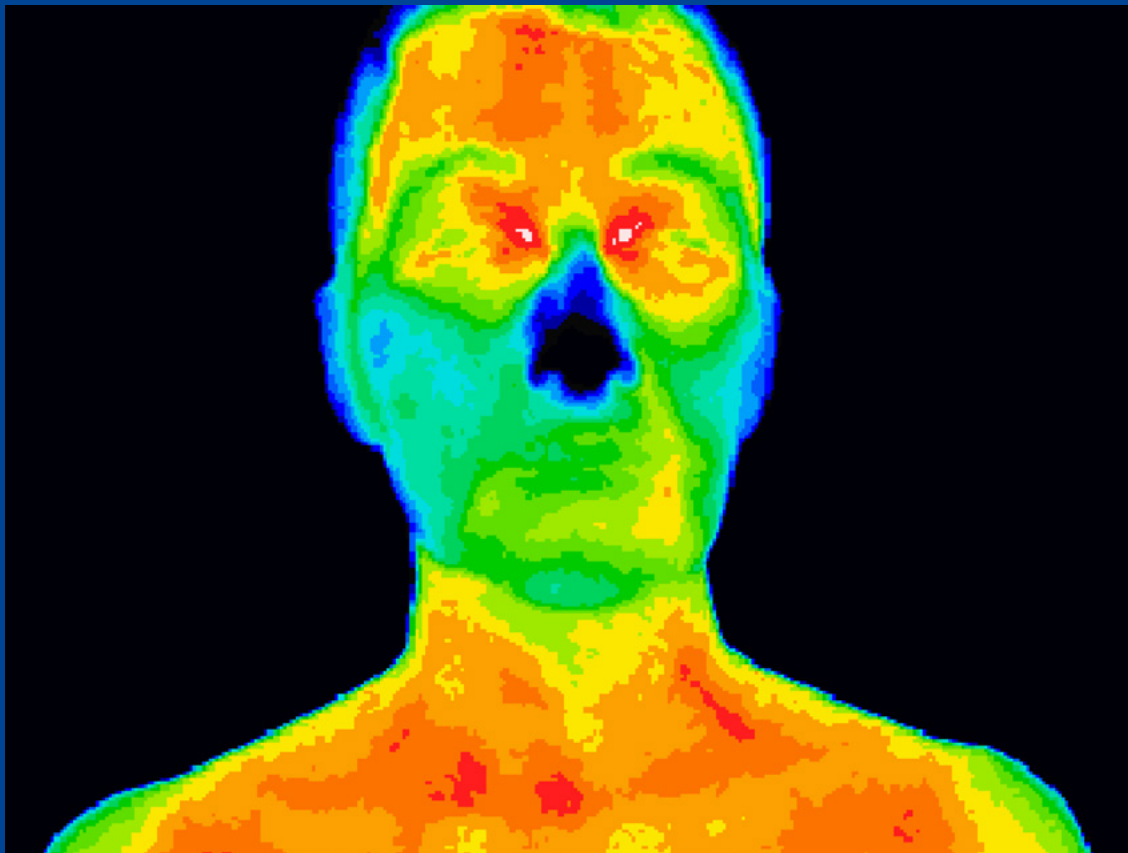
Par exemple, la nuit, tous les objets et les êtres vivants renvoient vers l'extérieur la chaleur qu'ils ont emmagasinée le jour. Ce rayonnement thermique est une émission d'**infrarouges*** qui est une longueur d'onde invisible à nos yeux mais bien réelle.



1. De quoi parle-t-on exactement?

1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle

Exemple de rayonnement thermique chez les humains



1. De quoi parle-t-on exactement?

1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle

Comment nous percevons la lumière

Depuis la création de la Terre, soit plus de 4,5 milliards d'années, les organismes vivants ont évolué sous un cycle de lumière naturelle qui fluctue selon le lieu et le moment de l'année.

Cette fluctuation a favorisé la sélection de **systèmes photosensibles*** performants et de rythmes ou horloges biologiques adaptés chez les organismes vivants.

Dès lors, ces derniers sont adaptés à une représentation spatiale et temporelle de leur environnement, donc à une alternance jour / nuit propre.

Par conséquent, la lumière est impliquée de manière essentielle dans la régulation de processus biologiques vitaux.



1. De quoi parle-t-on exactement?

1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle

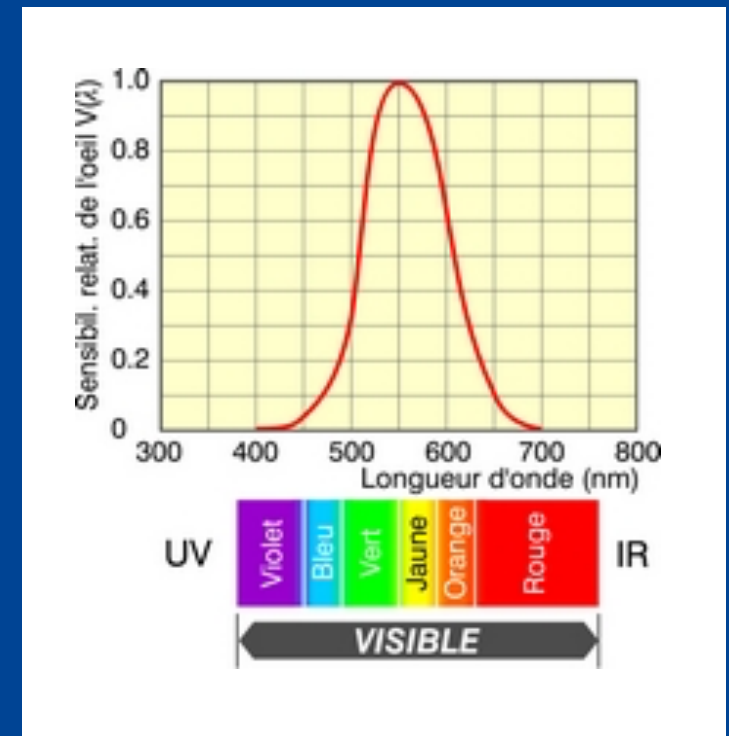
Comment percevons-nous la lumière ?

La lumière est composée de **longueurs d'onde***, correspondant chacune à une couleur, en quantité variable. Ces longueurs d'onde sont perçues différemment selon les espèces, qui ont une sensibilité spectrale propre. Ainsi, certains animaux et plantes sont sensibles à l'ultraviolet (UV) et / ou à l'infrarouge (IR) tandis que l'Homme ne les perçoit pas (domaine invisible).

Lorsque les humains voient une lumière « blanche », il s'agit en réalité du résultat du mélange de l'ensemble des couleurs du domaine visible. Ces longueurs d'onde visibles se situent entre 380 nm* (violet) et 780 nm (rouge) et passent par les teintes de l'arc-en-ciel. Elles composent ce qu'on appelle le spectre visible. Les ultraviolets et les infrarouges ne font ainsi pas partie du spectre visible de l'œil humain.

Certaines longueurs d'onde peuvent déclencher ou inhiber des processus physiologiques chez les êtres vivants.

Par exemple, la lumière « bleue » (longueurs d'onde entre 440-520 nm) est celle qui régule l'horloge biologique **circadienne*** et le cycle du sommeil chez l'humain. De fait, un éclairage nocturne riche en longueurs d'onde bleues pourra perturber la biologie et les sommeil des êtres humains (par exemple en inhibant notamment la sécrétion d'une hormone : la mélatonine).



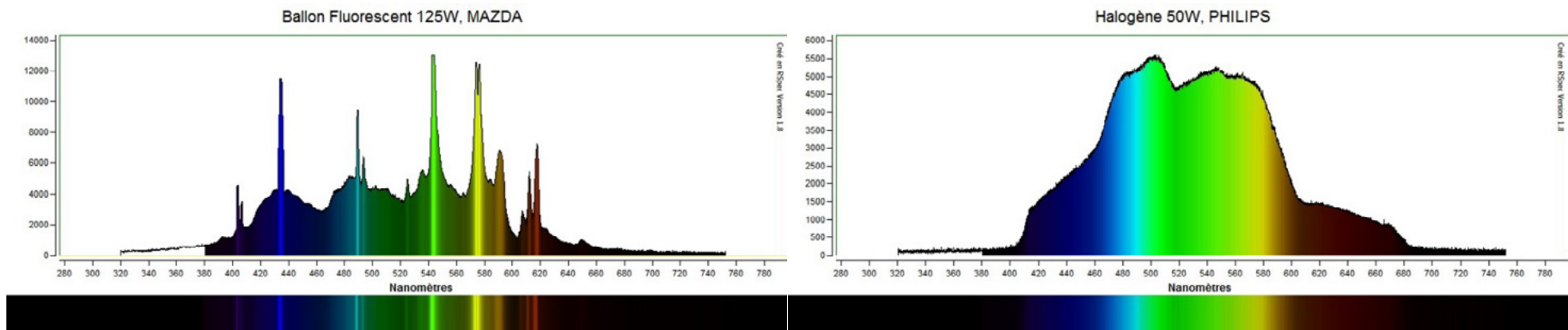
Source : https://sites.uclouvain.be/eclairage-naturel/guide_perception.htm

1. De quoi parle-t-on exactement?

1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle

Les spectres lumineux de différentes lampes: quid du bleu? ✦

Chaque type de lampe possède un spectre lumineux qui la caractérise, c'est-à-dire que les couleurs qui les composent sont spécifiques. Nous notons par exemple que les lampes LED, Ballon Fluorescent et Halogène proposées ici présentent plus de bleu qu'une lampe Sodium Haute Pression, et sont donc potentiellement la source de plus de dérèglements physiologiques.



Source : Réserve internationale de ciel étoilé du Pic du Midi

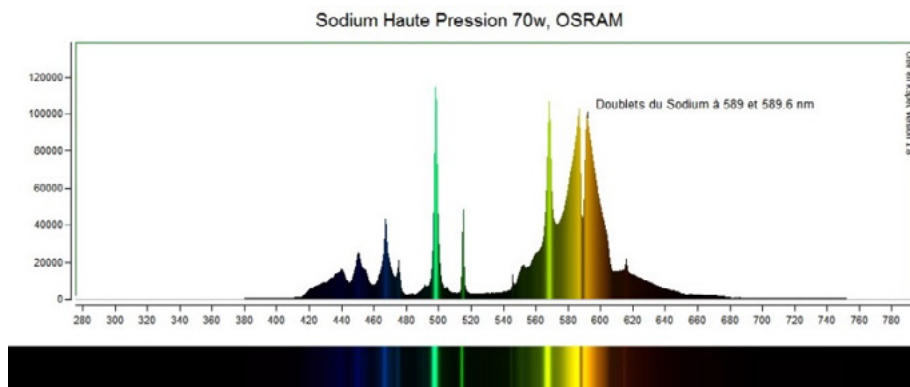
1. De quoi parle-t-on exactement?

1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle

Les spectres lumineux de différentes lampes : quid du bleu?

Lorsqu'une lampe est composée majoritairement de couleur tirant vers le bleu (balance bleu ou rouge positive), on parle d'une lampe « froide ». Ce sont les lampes dont la température de couleur est équivalente et supérieure à 4 000 Kelvins (par exemple les lampes à 6 500K, souvent appelées « lumière du jour »).

Une lampe à Sodium Haute Pression est dite « chaude » (1 950K à 2 200 K) alors que la plupart des LED sont dites « froides » (2 400 K à 6 500 K). Il est donc très important de bien choisir ses lampes pour limiter les perturbations, notamment dues au bleu, la nuit.



Source : Réserve internationale de ciel étoilé du Pic du Midi

1. De quoi parle-t-on exactement?

1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle

L'horloge biologique

Les êtres vivants possèdent tous une horloge biologique qui rythme leurs activités au cours de cycles journalier, saisonnier, annuel. Chez l'humain, cette horloge est impliquée dans de nombreuses fonctions physiologiques, biologiques, comportementales, telles que le cycle veille / sommeil, la température corporelle, la cognition, le système cardiovasculaire ou encore le fonctionnement du système immunitaire.

L'expression des rythmes biologiques est définie à la fois de façon endogène et exogène.

Sur le plan **endogène***, chaque individu possède son propre rythme biologique, qui constitue ainsi son rythme « par défaut » (cela définit les couche-tôt et les couche-tard).

Sur le plan **exogène***, c'est un facteur environnemental, appelé synchroniseur, qui va réguler le rythme. Celui-ci ne crée donc pas le rythme biologique, il en modifie la période et la phase pour le mettre en résonance avec l'environnement extérieur dans lequel évolue l'être vivant. La lumière est le plus puissant synchroniseur chez l'humain.



1. De quoi parle-t-on exactement?

1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle

L'alternance jour / nuit

Quoi de plus régulier dans l'environnement, depuis la création de notre planète, que l'alternance du jour et de la nuit ? La vie est apparue sur Terre, rythmée par cette dynamique. De fait, la lumière, et plus précisément les variations **nycthémérales***, régule les cycles biologiques de toutes les espèces, animales et végétales.

Chez l'humain, sans synchronisation par la lumière naturelle, le **cycle circadien*** n'est pas synchronisé aux 24 heures (c'est ce qui se passe chez l'aveugle en « libre-cours » ou chez Michel Siffre (cf p.20)). Il est alors en moyenne de 24h10 et est compris entre 23h30 et 24h30 chez l'humain. C'est l'alternance jour / nuit qui synchronise ce rythme endogène à la journée de 24 heures.

1. De quoi parle-t-on exactement?

1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle

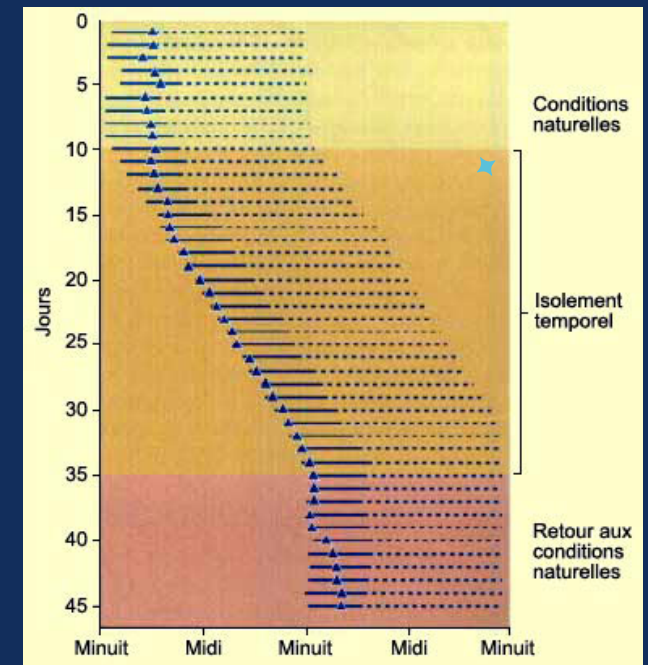
L'alternance jour / nuit

Des expériences d'isolement en grotte menées par le géologue Michel Siffre dans les années 1960 puis 1970 ont apporté les preuves qu'en l'absence de lumière solaire, le cycle biologique humain se décalait peu à peu du cycle de 24h de rotation de la Terre pour reprendre son rythme de 24h10.

Chaque ligne horizontale représente un jour. Les traits continus indiquent les phases de sommeil, les pointillés les phases d'éveil. Les triangles représentent, quant à eux, le moment de la journée où la température du corps est la plus basse.

Durant les jours 1-9, Michel Siffre était soumis à un cycle lumière-obscurité naturel, son cycle veille-sommeil était stable et calé sur la journée de 24h. Entre le jour 10 et 35, les phases d'éveil et de sommeil de Michel Siffre se décalent, elles débutent chaque jour avec 30 minutes de retard en moyenne. Lors de cette période, le sujet était isolé de tout cycle lumière-obscurité, naturel et artificiel (il était en isolation temporelle, sans montre).

Les cycles comportementaux et les cycles physiologiques sont ainsi désynchronisés de la journée de 24h en l'absence de synchroniseurs naturels exogènes comme la lumière, et s'expriment à la périodicité endogène (de 24h30 pour Michel Siffre). Une resynchronisation s'opère en quelques jours après un retour aux conditions naturelles.



Source : d'après Dément, 1976.

1. De quoi parle-t-on exactement?

1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle

La synchronisation par la lumière

On a longtemps pensé que la synchronisation de l'horloge circadienne par la lumière passait par la production d'une hormone appelée mélatonine. Chez les animaux vertébrés (dont l'Homme), cette hormone est sécrétée principalement par la glande pinéale (appelée aussi *épiphyse**) située dans le cerveau.

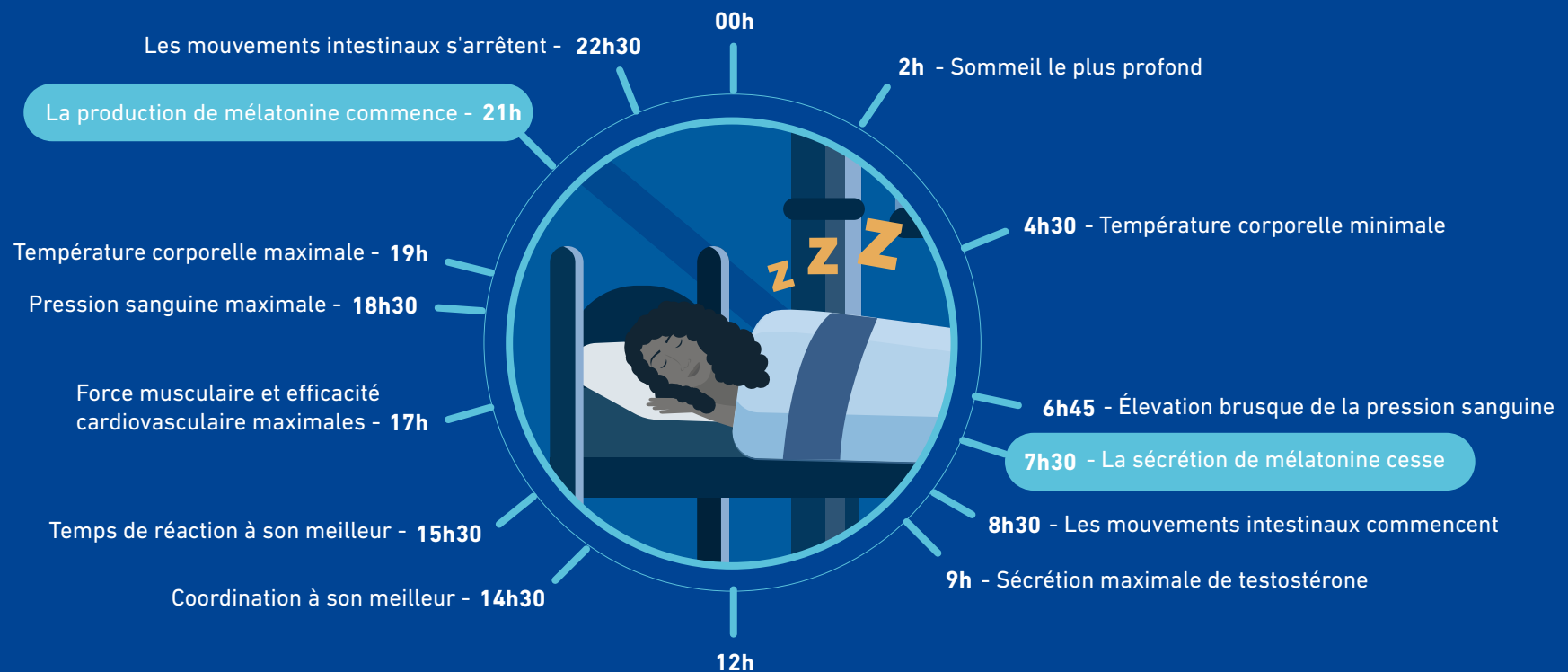
On sait maintenant que la lumière exerce ses effets sur l'horloge par l'intermédiaire de cellules photoréceptrices situées dans les yeux (rétine), et que c'est l'horloge qui contrôle les rythmes biologiques, dont celui de la mélatonine, et non pas la glande pinéale. Ces cellules ne sont pas impliquées dans la vision mais dans celui de la régulation rythmique du corps humain. De ce fait, des personnes aveugles possédant physiquement leurs yeux, peuvent garder une synchronisation de leur horloge circadienne par le rythme naturel de la lumière.

Certaines longueurs d'onde de la lumière, principalement le bleu, affectent l'horloge et donc la production de mélatonine. Dans une alternance naturelle du jour et de la nuit, la mélatonine est sécrétée durant la nuit (avec un pic de sécrétion entre 2-4h du matin chez l'humain). En présence d'éclairage, cette sécrétion est perturbée.

1. De quoi parle-t-on exactement?

1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle

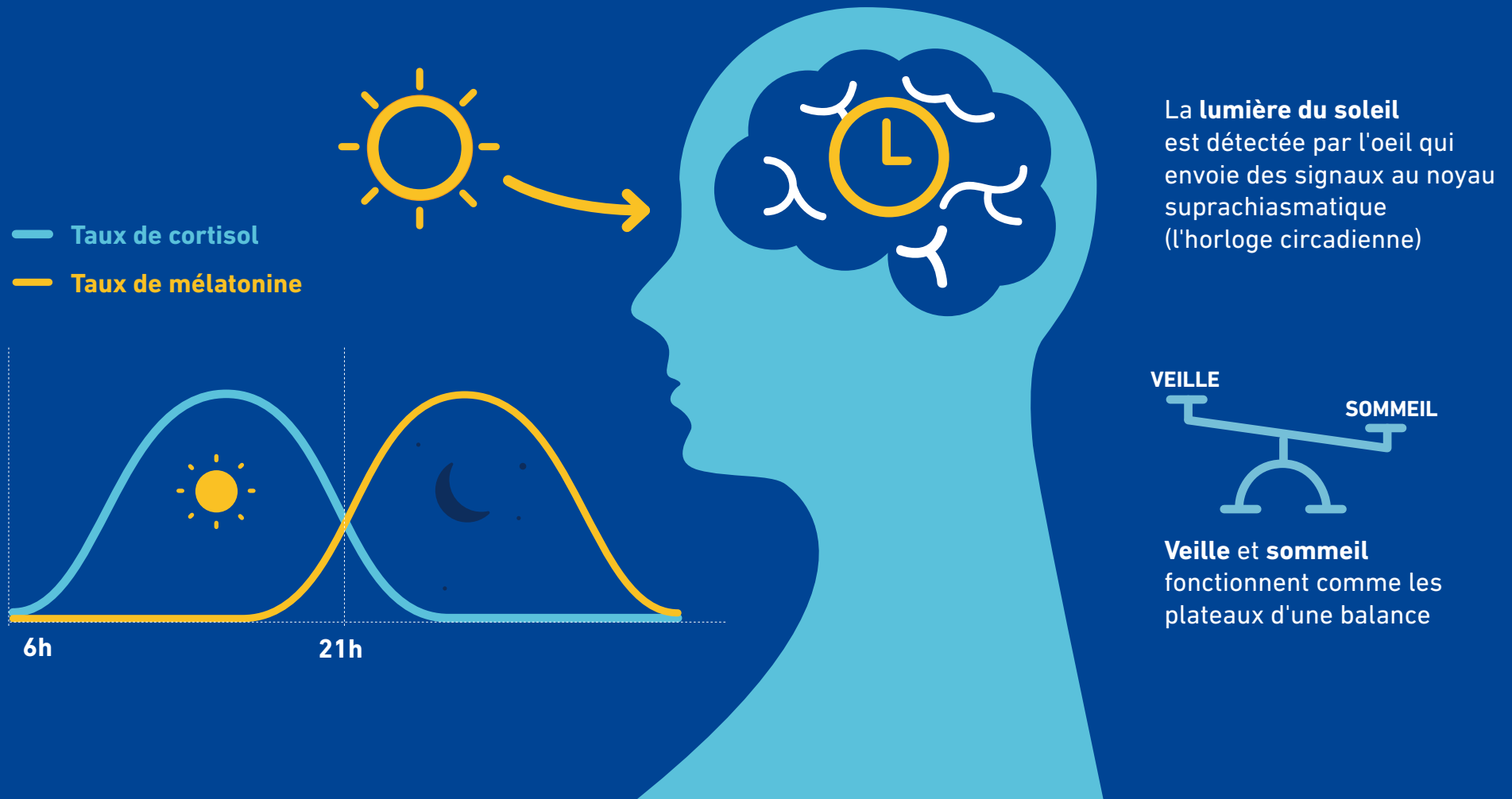
L'horloge biologique circadienne gouverne un ensemble de rythmes biologiques, dont le taux de mélatonine, le sommeil, et la cognition



1. De quoi parle-t-on exactement?

1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle

La sensibilité de l'horloge biologique à la lumière dépend de la durée et de l'intensité de lumière



1. De quoi parle-t-on exactement?

1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle

Comment la lumière artificielle dupe le cerveau

- La lumière artificielle nocturne telle que les éclairages publics ou la lumière bleue des écrans, active des fonctions biologiques qui le sont normalement le jour via la lumière solaire.
- Les effets de cette lumière avant le coucher sont un retard de l'endormissement, une inhibition de production de mélatonine, une activation des fonctions cognitives, etc. Le sommeil est par conséquent plus difficile ou retardé.
- L'horloge biologique peut être retardée de plusieurs heures, ce qui n'est pas sans conséquence sur notre santé.

8 Français sur 10 passent au moins 3 heures par jour devant un écran (télévision, ordinateur, smartphone, tablette).
41% des Français disent consulter leur smartphone au milieu de la nuit.



1. De quoi parle-t-on exactement?

1.3 Lumière naturelle versus lumière artificielle

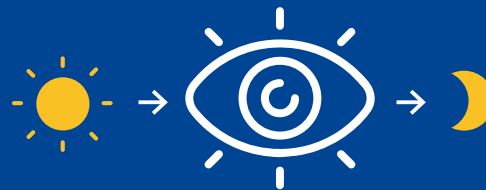
En résumé



Le corps possède "par défaut" une horloge interne. Ce rythme circadien est donc endogène.

Son cycle est de 24 heures environ.

Cette horloge biologique "pilote" presque toutes les fonctions de l'organisme.



Cette horloge interne est principalement synchronisée par la lumière naturelle qui passe par la rétine.

La lumière est un facteur exogène.

La synchronisation se fait donc par rapport à l'alternance jour / nuit.



La lumière artificielle envoie un faux signal.

Le cerveau pense qu'il fait encore jour.

La production de mélatonine est inhibée et l'endormissement retardé.

Les fonctions de l'organisme sont perturbées.

2. Quels sont les impacts?

2.1 Sur l'Homme

Les impacts de la lumière artificielle sur la santé

Plus de 80 perturbations causées directement ou indirectement par les éclairages artificiels ont été identifiées (et restent à démontrer pour certains), comme:

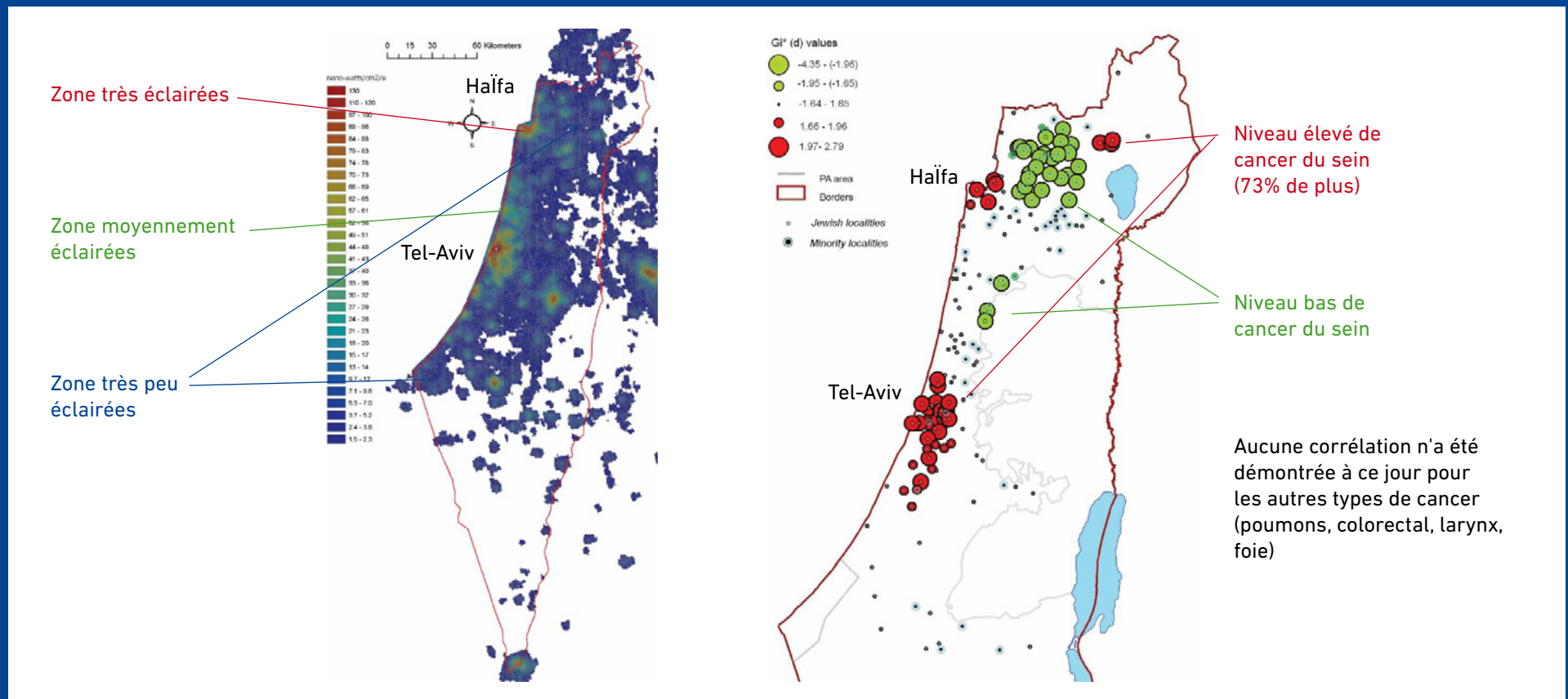
- des troubles du sommeil et de la sécrétion de mélatonine
- l'obésité et le diabète: un mauvais alignement circadien peut modifier les niveaux de certaines hormones comme la leptine (« hormone de satiété* »), l'insuline et le cortisol, provoquant des perturbations métaboliques
- Dans le travail de nuit: certains cancers tels que le cancer du sein, probablement causés par une désynchronisation de l'horloge circadienne (et possiblement induits par une diminution de la mélatonine la nuit, mais aussi par d'autres facteurs)
- la déformation de la cornée (myopie) chez les enfants, provoquée par l'exposition directe et prolongée aux lumières artificielles
- le stress, l'agressivité, la dépression: provoqués, déclenchés ou accentués le décalage de l'horloge circadienne et la dette de sommeil associée



2. Quels sont les impacts?

2.1 Sur l'Homme

Corrélation (et non pas relation de cause à effet !) entre les lumières artificielles de nuit (LAN) et les cancers du sein chez les femmes en Israël



2. Quels sont les impacts?

2.1 Sur l'Homme

Les impacts de la lumière artificielle sur le confort

L'éclairage éblouissant dérange fortement les malvoyants et les personnes âgées.

Le sur-éclairage induit des contrastes très importants entre les espaces éclairés et non éclairés. Notre œil est constamment mobilisé en passant de la vue nocturne à la vue diurne.

La lumière intrusive qui pénètre dans les habitations :

- pourrait détériorer la qualité du sommeil,
- pourrait diminuer la production de mélatonine
- peut contraindre à laisser les volets fermés les soirs d'été, nous privant du rafraîchissement naturel extérieur



2. Quels sont les impacts?

2.1 Sur l'Homme

Les impacts de la lumière artificielle sur la sécurité

- **L'éclairage des grands axes, hors agglomération, apparaît contre-productif** : les conducteurs pensent pouvoir tout voir, se montrent moins prudents, les excès de vitesse sont plus fréquents qu'en zone non éclairée et les accidents sont plus graves.
- **L'éclairage sur les ronds-points entre en « conflit » visuel avec la signalisation routière** : l'œil voit moins bien les panneaux réfléchissants.
- **Dans un lieu éclairé, l'Homme a un « sentiment de sécurité »**. Or, aucune étude ne montre que les éclairages font baisser le taux de criminalité, ni l'inverse. En outre, la grande majorité des cambriolages ont lieu de jour et non de nuit.



2. Quels sont les impacts?

2.2 Sur l'observation du ciel

Les impacts de la lumière artificielle sur la qualité du ciel

Le dôme de pollution lumineuse dû à la diffusion de la lumière dans l'atmosphère :

- coupe les humains du spectacle des étoiles et de la voûte céleste, c'est-à-dire de son patrimoine nocturne,
- gêne l'activité culturelle et scientifique qu'est l'astronomie.



Deux photos prises avant et après une panne de courant dans une banlieue de Toronto, au Canada.
Source : <http://ricemm.org/>

2. Quels sont les impacts?

2.3 Sur la biodiversité

Des espèces perturbées, des écosystèmes modifiés

En faisant artificiellement reculer la nuit avec l'éclairage public, l'Homme s'est certes émancipé de la lumière du jour, mais a généré une pollution d'un nouveau genre. En effet, la pollution lumineuse ne passe pas par des substances toxiques relâchées dans la nature, mais par des particules de lumière (photons). Bien que moins connue, elle n'en est pas pour autant moins néfaste que les autres types de pollution.

Cette pollution lumineuse bouleverse tout autant la vie animale que végétale même si cette dernière est moins étudiée dans ce domaine. Tous les êtres vivants sont touchés par ces excès de lumière.

En termes de perturbation des écosystèmes, seul le changement climatique engendre plus de perturbations que cette pollution lumineuse.



2. Quels sont les impacts?

2.3 Sur la biodiversité

Des espèces perturbées, des écosystèmes modifiés

Chez les végétaux

La lumière est la source d'énergie des végétaux chlorophylliens. Ils l'utilisent en effet pour le phénomène de photosynthèse. En contexte naturel, cette activité photosynthétique se déroule uniquement le jour et rejette le dioxygène que nous respirons ainsi que les sucres à la base de toutes les chaînes alimentaires.

Sur un autre niveau, la lumière naturelle est aussi chez la flore, tout comme chez les animaux, un synchronisateur biologique. La lumière naturelle est en effet fortement impliquée dans des processus aussi vitaux que :

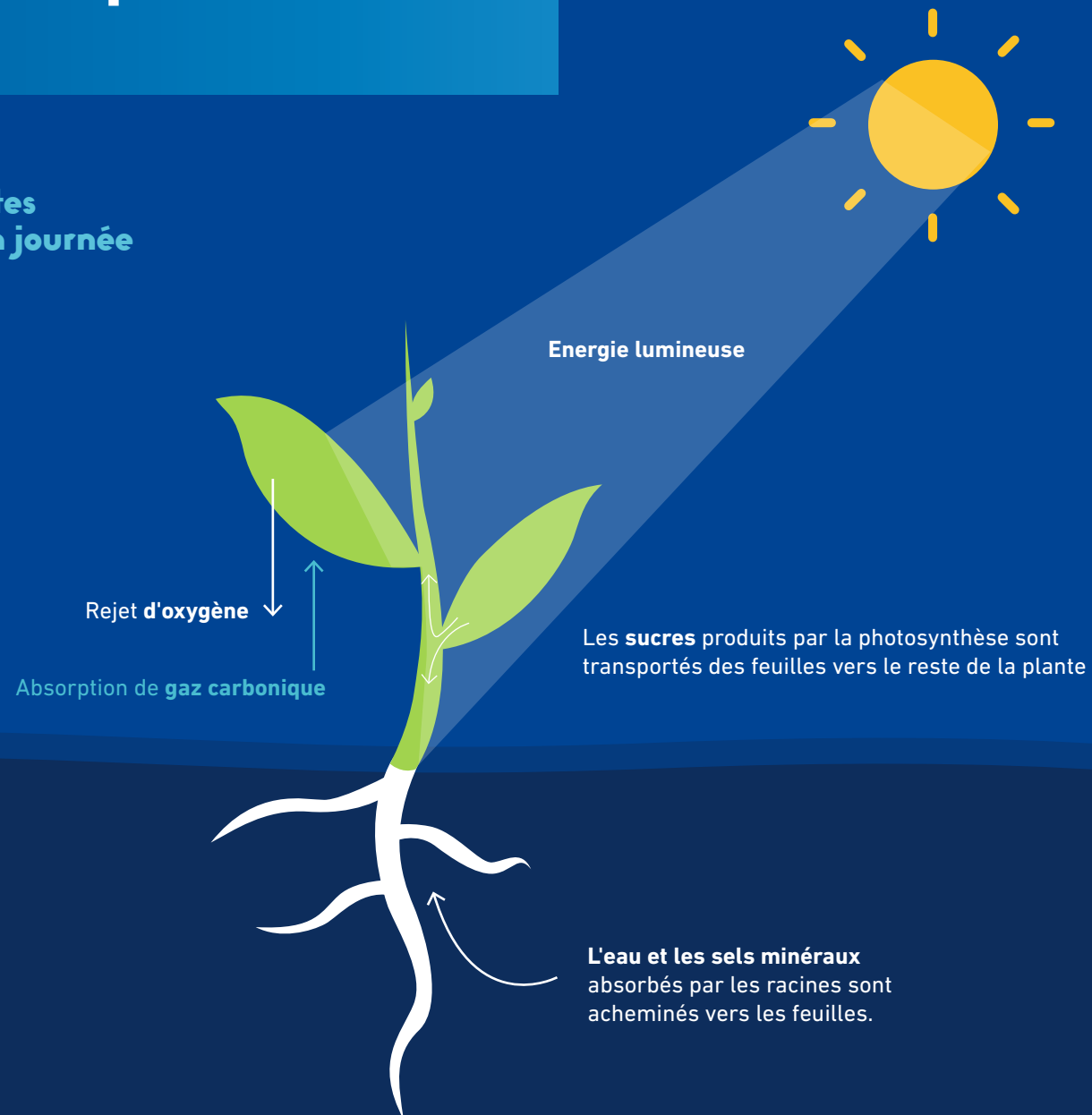
- la germination
- la floraison
- la production de plantules adventives chez le groupe des bryophytes
- la formation de réserves (comme les tubercules des pommes de terre)
- l'étiollement (jaunissement et perte des feuilles).

Les plantes témoignent ainsi d'un **photopériodisme***, c'est-à-dire que l'alternance jour / nuit et ses variations au cours de l'année rythment leur cycle biologique.

2. Quels sont les impacts?

2.3 Sur la biodiversité

La photosynthèse des plantes chlorophylliennes se fait en journée



2. Quels sont les impacts?

2.3 Sur la biodiversité

Des espèces perturbées, des écosystèmes modifiés

En allongeant l'impression de journée, les éclairages laissent percevoir aux végétaux et animaux que l'hiver se termine plus tôt. Effectivement, ils identifient alors les journées comme étant longues et les « nuits » courtes. La belle affaire, serait-on tenté de penser! Les conséquences sont pourtant légion.

D'abord pour les arbres : sous un climat tempéré, ceux-ci voient leurs bourgeons s'ouvrir et perdre leur bourre protectrice. Ils sont alors à la merci du moindre épisode de gel un peu tardif, ce qui est fort probable car le printemps n'est pas encore là... De quoi amputer les espèces les plus sensibles au froid.

Sont ensuite concernés les animaux qui dépendent de ces arbres. L'éclosion des feuilles signale le début du printemps et nombre d'espèces sont calées sur cet événement : les chenilles se nourrissent des petites feuilles tendres, puis les oiseaux vont manger ces chenilles, etc. On parle de **co-évolution***.

C'est un effet en cascade : soit tout le monde réussit à suivre, soit toutes les espèces dépendantes en subissent les conséquences. Bref, une anomalie capable de déstabiliser des écosystèmes entiers.

2. Quels sont les impacts?

2.3 Sur la biodiversité

Pour illustrer ce phénomène, chez la violette, la durée d'éclairement reçu par la plante détermine si les fleurs vont s'ouvrir ou rester fermées. En fonction de cela, la reproduction se fera alors par autofécondation, au sein d'une même fleur restée fermée, ou par croisement avec une autre fleur si celles-ci s'ouvrent. Les conséquences de l'action de la lumière dépassent donc de loin la seule plante car l'existence d'un brassage génétique est une condition pour la pérennité même d'une espèce.

Les biologistes ont découvert que la pollution lumineuse pouvait provoquer un bourgeonnement jusqu'à 7,5 jours plus tôt que la normale !

Chez les végétaux, la lumière artificielle modifie également :

- la croissance et l'expansion des feuilles,
- le développement des fruits,
- la sénescence,
- le développement des racines etc.



2. Quels sont les impacts?

2.3 Sur la biodiversité

Des espèces perturbées, des écosystèmes modifiés

Chez les animaux

A l'instar des végétaux, la faune est perturbée par la pollution lumineuse. Quelques exemples :

- Le déplacement des individus nocturnes est fortement bouleversé par la lumière. On parle de comportement **lucifuge** lorsque les espèces fuient la lumière. L'éclairage (routes, ronds-points, hameaux etc.) crée alors des barrières infranchissables et fragmente l'espace. C'est un vrai labyrinthe pour ces espèces sensibles lorsqu'elles cherchent à atteindre les zones essentielles à leur cycle de vie (alimentation, reproduction, repos etc.). Le paysage et les espaces sont fragmentés par la lumière.
- On parle de comportement **luciphile** lorsque les espèces sont attirées par la lumière. Les insectes voletant autour des lampadaires la nuit est un exemple. Déboussolés, ils en oublient de se nourrir, de boire, de se reproduire et vont même se brûler les ailes aux lampes ou être mangés par des prédateurs. C'est un véritable piège écologique.

Un insecte est attiré par une lumière directe dans un rayon d'approximativement 700 mètres. En une seule nuit d'été, 1 seul lampadaire peut tuer 150 insectes. Mais combien de lampadaires avons-nous en ville ?

2. Quels sont les impacts?

2.3 Sur la biodiversité

28% des vertébrés et 64% des invertébrés vivent partiellement ou exclusivement la nuit.

- La période d'activité de certaines espèces, telles que les chauves-souris, est décalée et raccourcie car la nuit, obscure, est désespérément attendue pour le début de la chasse aux insectes. Les cycles de vie sont atteints.
- L'accouplement et la reproduction peuvent également être perturbés. C'est le cas notamment chez les amphibiens, les oiseaux, les tortues etc.
- Le phénomène d'éblouissement dû aux phares de voitures peut entraîner la mort d'individus par collision.
- Des constatations de modification alimentaire ont été relevées chez les araignées installées près de lampadaires.
- Une baisse de la pollinisation est aussi notée car 90% des **angiospermes*** sont pollinisés par des insectes qui sont, pour beaucoup, nocturnes, donc piégés par les lumières.
- Les migrations d'oiseaux, papillons et / ou mammifères sont bouleversées par la lumière car celle-ci masque les étoiles, boussole du ciel nocturne. De nombreux échouages sont recensés.
- Les animaux ne sont pas tous atteints de la même façon par la lumière artificielle. Il peut alors se développer des compétitions interspécifiques ou intraspécifiques.

2. Quels sont les impacts?

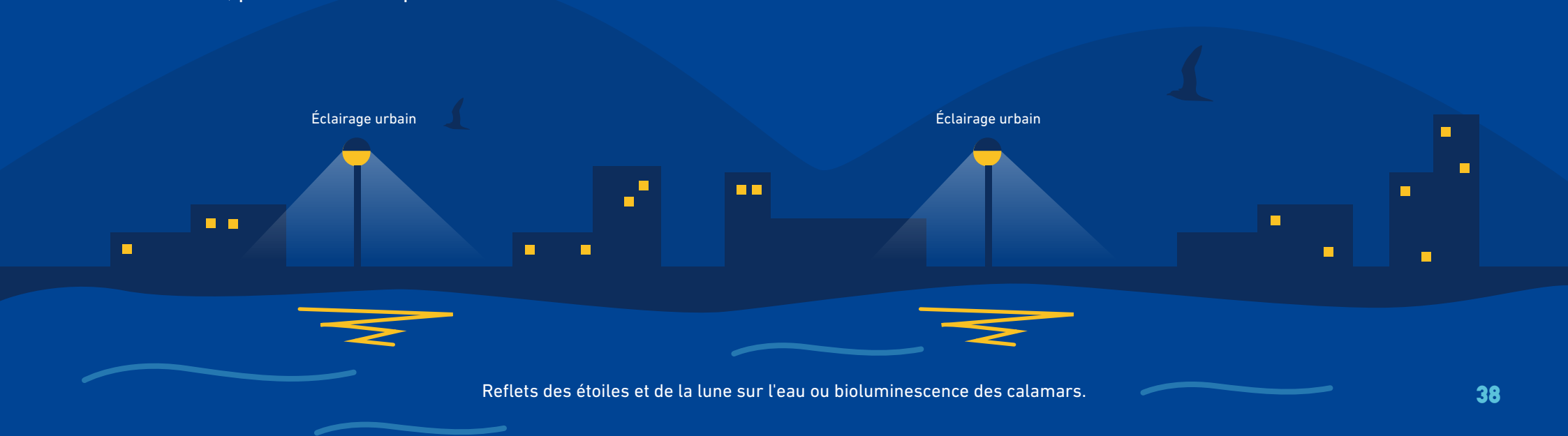
2.3 Sur la biodiversité

À La Réunion, le cas des pétrels

La lumière artificielle de nuit désoriente chaque année les pétrels de Barau et les pétrels noirs de Bourbon, deux oiseaux migrateurs endémiques de La Réunion.

Lors de leur envol, les jeunes pétrels, qui se repèrent habituellement grâce aux reflets des étoiles sur l'eau de mer ou à la **bioluminescence*** des calamars, sont attirés par les éclairages. Éblouis, ils s'échouent au pied des lampadaires d'où ils ne peuvent pas reprendre leur envol. D'autres sont gênés par les phares des voitures, provoquant des collisions. Des chocs mortels sur des édifices éclairés sont aussi recensés.

En 2019, plus de 450 pétrels de Barau échoués ont été signalés entre avril et mai, lors de la 11e édition des Nuits sans lumière. Parmi eux, près de 390 ont pu être sauvés et relâchés.



2. Quels sont les impacts?

2.3 Sur la biodiversité

À La Réunion, le cas des tortues marines

La pollution lumineuse du littoral perturbe la reproduction des tortues marines : elle peut mener à l'abandon du site de ponte par les femelles adultes ou à l'interruption de la ponte liée au dérangement. Les tortues juvéniles, qui utilisent les contrastes pour rejoindre la mer suite à leur émergence, peuvent également être désorientées par la présence de lumières artificielles et voient donc leur risque de mortalité, déjà très élevé, augmenter.

A La Réunion, deux tortues vertes reviennent pondre régulièrement sur les plages de Saint-Leu et de Saint-Paul depuis 2004. Ces femelles fréquentent des plages non éclairées. Par ailleurs, du fait de la faible surface disponible pour pondre, les nids se retrouvent menacés par les risques de fortes houles. Lors d'opérations ponctuelles d'extinction des éclairages, Kelonia a constaté que les femelles se rendaient sur les plages voisines, éteintes et plus larges, donc plus favorables au succès de la reproduction.



2. Quels sont les impacts?

2.3 Sur la biodiversité

Les espèces perturbées :

- Insectes
- Amphibiens
- Papillons
- Reptiles
- Poissons
- Mammifères (chauve-souris etc.)
- Oiseaux
- Etc.

→ TOUS LES GROUPEs

Toutes les espèces animales et végétales sont sensibles à la lumière car elles se sont développées dépendamment du facteur nuit et jour. Toutefois, les réactions sont diverses, et ce jusqu'aux longueurs d'onde considérées. La « couleur » de la lumière est également une composante non négligeable lorsque l'on étudie ses impacts.

2. Quels sont les impacts?

2.5 Sur notre énergie et nos finances

À La Réunion, l'éclairage public représente :

- 84 000 points lumineux publics
- 41,9 % de la consommation électrique des communes
- 43,3 % d'émission de gaz à effet de serre (GES)
- 35,6 GWh* par an

Aujourd'hui :

- 30 à 50% de la lumière d'un lampadaire est envoyée vers le ciel, par réflexion ou émission directe. C'est donc une lumière « perdue ».
- Les lampes de type « boule » sont notamment sources d'un gaspillage considérable car 60% de la lumière n'est pas orientée vers le sol et est donc inadaptée.

Pour les particuliers, l'éclairage représente environ 10 % de la consommation électrique totale des foyers.



3. Mais au fait, que dit la loi?

Les nuisances lumineuses encadrées par un dernier arrêté ministériel

Destiné aux États, collectivités, entreprises et associations, un arrêté du Ministère de la Transition écologique et solidaire relatif aux nuisances lumineuses a été publié le 27 décembre 2018. Le texte de loi fixe des obligations d'extinction et des prescriptions techniques à respecter d'ici à 2025.

Cet arrêté identifie 7 catégories d'installations et apporte des prescriptions temporelles et techniques pour chacune, qu'il s'agisse d'équipements sportifs, de parcs de stationnement, de sites d'astronomie ou d'événements extérieurs ponctuels.

Concrètement :

- les parcs et les jardins publics ne doivent pas être éclairés une heure après leur fermeture, ou à 1h du matin au plus tard.
- les vitrines des magasins et commerces doivent être éteints au plus tard une heure après leur fermeture et au plus tôt, une heure avant leur ouverture.
- les cours d'eau ne doivent pas être éclairés.
- les canons à lumière sont interdits.

Etc.

Des prescriptions particulières sont également retenues pour les espaces naturels remarquables comme les Parcs nationaux. La « couleur » des lampes est contrainte, les lumières bleues sont limitées. Cela se traduit de manière technique par une température de couleur qui doit être inférieure à 2 700 K* en agglomération et de 2 400 K hors agglomération.

kelvin*: unité de température thermodynamique du système international

3. Mais au fait, que dit la loi?

Une Charte en adéquation avec la transition écologique

La Charte du parc national de La Réunion, qui est le plan de gestion du Bien et de sa zone tampon, a été pensée et rédigée en prenant en compte la problématique de la pollution lumineuse.

Tout projet d'aménagement (routes, stades) doit ainsi répondre à des critères bien spécifiques qui garantissent, entre autres, la préservation de la faune et la flore grâce à des installations lumineuses adaptées.

Cette transition vers une sobriété énergétique et lumineuse fait aussi l'objet d'une sensibilisation des élus, des acteurs et de la population réunionnaise aux conséquences de la pollution lumineuse.

Elle donne par ailleurs lieu à des actions menées par les agents du Parc national (sensibilisation, communication, études, etc.)

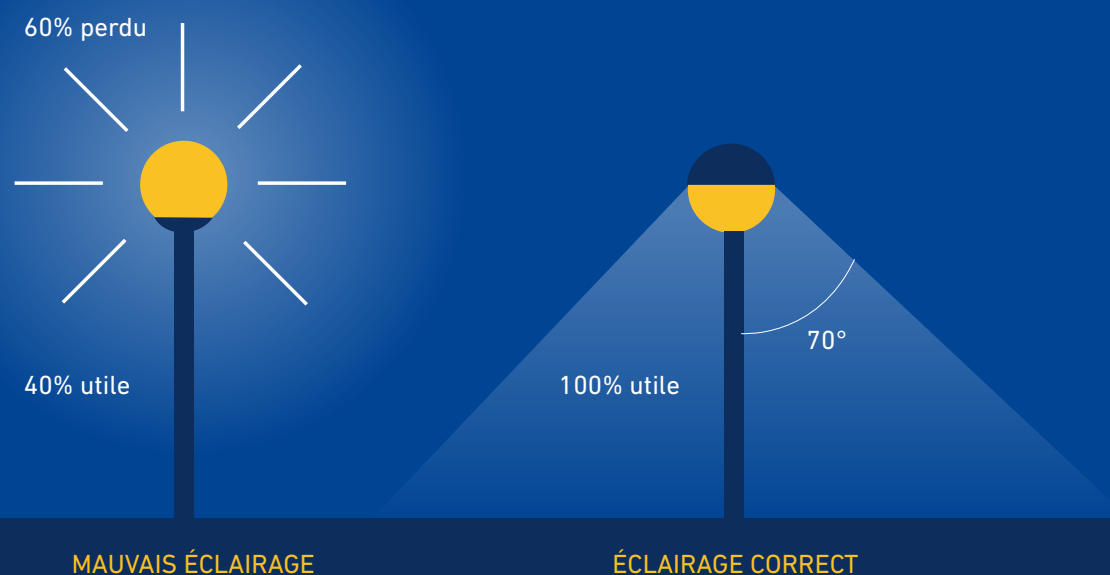
4. Vers une sobriété énergétique

4.1 Mieux éclairer

Faire évoluer les éclairages

Comment, dès lors, concilier les besoins **anthropiques*** en matière d'éclairage, la préservation de l'intégrité du ciel nocturne et la biodiversité?

Tout d'abord, non pas en éclairant moins mais en **éclairant mieux**. Plusieurs communes, intercommunalités et entreprises de l'île ont déjà entamé cette transition lumineuse. Elles ont par exemple réduit les durées et zones d'éclairage la nuit, installé des lampes moins énergivores et plus respectueuses de l'environnement ou encore orienté les sources de lumière artificielle de sorte à ne pas éclairer le ciel.



4. Vers une sobriété énergétique

4.1 Mieux éclairer

Penser à rénover

L'ADEME* estime qu'il serait possible d'économiser entre 40% et 80% d'énergie en faisant attention à notre utilisation mais aussi et surtout en rénovant les installations vétustes afin d'avoir des équipements adaptés et moins gourmands en énergie. Il est à noter que l'installation de lampadaires de type « boule » sera totalement interdit à l'horizon 2025 par le dernier arrêté ministériel de 2018.

Saviez-vous qu'en moyenne, un logement compte plus de 20 lampes ? Une lampe LED bien choisie peut avoir une durée de vie de 15 000 heures pour un coût global de 0,69€ par an, contre 2 000 heures et 2,48€ par an pour une lampe éco-halogène.

ADEME*: Agence de la transition écologique



4. Vers une sobriété énergétique

4.2 Réaliser des économies

Les LED, un leurre ?

Pour produire une même quantité de lumière que les autres technologies de lampe, les LED utilisent moins d'énergie.

L'engouement pour la LED aurait dû voir diminuer les coûts énergétiques liés à l'éclairage public, or, les économies réalisées ont été investies dans...encore plus d'éclairage public.

Le flux lumineux d'une **LED composée d'une forte quantité de lumière bleue diffuse 4 fois plus dans l'atmosphère qu'une LED faiblement composée de bleu**. Le halo lumineux d'une ville peut donc être multiplié par 4 si les LED ne sont pas soigneusement choisies.

Réduire sa facture

Dans les foyers réunionnais, l'éclairage représente environ 10% de la facture d'électricité. En remplaçant la lampe halogène de notre salon par une lampe LED, nous pouvons alléger notre budget éclairage.

L'éclairage public représente 40% du budget d'électricité des communes.

En 2019, 25 nuits sans lumière dans l'île ont permis d'éviter de consommer l'équivalent de la consommation annuelle de 300 foyers (850 MWh).

4. Vers une sobriété énergétique

4.2 Réaliser des économies

Une pollution pas uniquement lumineuse

Les économies ne sont pas uniquement financières et énergétiques. L'électricité étant produite à partir d'énergies fossiles, un sur-éclairage est également synonyme de surproduction de CO₂.

Par ailleurs, pour installer des éclairages publics, il faut des matériaux, de la matière première. Trop de lampadaires nécessiteront de fait plus de matières premières. Ces matériaux produiront ensuite des déchets. Un grand nombre d'éclairages publics implique donc un grand nombre de déchets.

Tout est dans la juste dose :

Où éclairer pour que cela soit utile ?

Quand éclairer au regard de la fréquentation et du besoin ?

Et avec quelle quantité de lumière ?



5. Alors, qu'est-ce qu'on fait?

Se réapproprier le fénoir

À force d'évoluer dans un environnement éclairé de jour comme de nuit, l'Homme a fini par s'y adapter et ne sait plus ce qu'est vraiment la nuit.

Et si cet excès d'éclairage artificiel était l'occasion de renouer avec le fénoir ? Sans modifier drastiquement ses habitudes, pourquoi ne pas choisir, un soir ou deux, de profiter du ciel nocturne et d'admirer les étoiles sans autres sources de lumière que celles de la voûte céleste?

Pourquoi ne pas décider d'éteindre ses écrans 1 heure, voire 2 heures plus tôt que d'habitude?

Ou encore, pourquoi ne pas s'offrir une balade nocturne dans un espace loin des lumières de la ville et peut-être ainsi, se rassurer sur notre peur ancestrale du noir ?



5. Alors, qu'est-ce qu'on fait?

Quelques pistes d'actions

En tant que citoyens :

Participer aux animations proposées dans le cadre du programme Les Jours de la Nuit : www.lesjoursdelanuit.re

Découvrez ou redécouvrez avec le Parc national et ses partenaires la joie des nuits pures en participant à des soirées d'observation astronomique, des conférences sur l'impact de la lumière sur notre santé et / ou sur l'impact de la lumière artificielle sur les populations de pétrels et de tortues marines, des soirées où notre culture nous est contée, des ateliers sur le thème de l'énergie, etc.

Adopter des gestes simples au quotidien :

- Tirer ses rideaux ou fermer ses volets à la tombée de la nuit pour éviter que la lumière intérieure ne s'échappe dehors,
- Éteindre la lumière lorsque celle-ci n'est plus utile,
- Éviter toute lampe extérieure. A défaut, privilégier l'installation de détecteurs de mouvements et orienter ces lampes de sorte que la lumière soit dirigée exclusivement au sol,
- Éviter au maximum les lampes émettant une lumière blanche. Pour cela, sur l'emballage de vos ampoules, recherchez le chiffre précédant la lettre « K ». S'il est inférieur à 3 000K (2 700K, 1 800K etc.), c'est validé ! Attention, beaucoup de LED ne conviennent généralement pas.
- Parler de cette problématique autour de vous et sensibiliser vos commerçants de quartier pour qu'ils éteignent leurs magasins la nuit et respectent ainsi la loi.

Plus largement :

- Interpeller sa municipalité car le maire est le seul décisionnaire quant à l'éclairage public.
- Se renseigner, en tant que particulier ou entreprise, auprès d'EDF, de sa commune ou intercommunalité, du Conseil Départemental et / ou de la Région Réunion, afin de connaître et de bénéficier des accompagnements possibles en termes de rénovation ou d'équipements.

6. Lexique

Angiospermes : « plantes à fleurs ». Les angiospermes sont des végétaux dont les organes reproducteurs sont condensés en une fleur et dont les graines fécondées sont contenues dans un fruit, à la différence des gymnospermes dont la graine est à nu. Le terme vient du grec *aggeion* (« capsule ») et *sperma* (« semence »).

Anthropocentré : qui place l'être humain au centre.

Bioluminescence: production et émission de lumière par un organisme qui se fait par la réaction chimique entre une protéine substrat, la luciférine et la luciférase.

Circadien: un rythme circadien est un rythme biologique d'environ 24 heures, d'origine endogène et non pas induit par l'environnement. Le terme vient de *circa* (presque) et *dies* (jour). Ces rythmes sont contrôlés par l'horloge circadienne endogène (ou interne).

Circannuel: un rythme biologique est dit circannuel quand il est basé sur un cycle annuel avec une révolution de 365,25 jours.

Co-évolution (ou coévolution) : adaptation réciproque entre deux ou plusieurs espèces qui interagissent entre elles dans un équilibre dynamique.

Endogène: qui provient de l'intérieur (d'un organisme, d'un système), qui a une cause interne.

Epiphyse / glande pinéale: petite glande endocrine située dans le cerveau des vertébrés et sécrétant la mélatonine. Elle « traduit » les informations transmises par le noyau suprachiasmatique (qui gère la régulation circadienne) en message hormonal.

Equinoxe: chacun des deux moments de l'année où le Soleil se trouve, au cours de sa trajectoire, à la verticale de l'équateur. Le jour et la nuit ont une durée égale, et ce partout sur Terre.

Exogène: qui provient de l'extérieur (d'un organisme, d'un système), qui a une cause externe.

Gigawatt-heure (GWh) : unité de mesure d'énergie qui correspond à la puissance d'un gigawatt actif pendant une heure. 1 GWh équivaut à 1 million de kilowatts-heure.

Infrarouge: rayonnement électromagnétique dont les longueurs d'onde sont comprises entre 700 nm et 1 nm.

Hormone de satiété: la leptine est la principale hormone de la satiété. Elle est sécrétée par les cellules adipeuses et d'autres tissus.

6. Lexique

Kelvin: mesure absolue de température qui est l'unité de température thermodynamique du système international (symbole K).

LED: diode électroluminescente.

Longueur d'onde: grandeur physique qui définit, pour une onde monochromatique et dans un milieu homogène, la distance séparant deux valeurs maximales consécutives de l'amplitude.

Lucifuge : qui fuit la lumière.

Luciphile : qui recherche la lumière, est attiré par elle ou qui vit là où il y a de la lumière.

Lux: unité d'éclairement (symbole lx) qui équivaut à l'éclairement d'une surface qui reçoit normalement, d'une manière uniformément répartie, un flux lumineux de 1 lumen par mètre carré.

Mélatonine: hormone qui régule les rythmes biologiques circadiens chez les mammifères et d'autres animaux complexe. Elle est sécrétée par l'épiphyse en l'absence de lumière. Elle est aussi appelée « hormone du sommeil ».

Nyctéméral: un rythme nyctéméral renvoie à un cycle circadien de 24 heures divisé en une période de jour et une autre de nuit.

Photopériodisme: succession de périodes de lumière (photopériodes) ou de clarté, et d'absence de lumière et d'obscurité, qui rythme l'activité photosynthétique des plantes, des algues, des coraux et les processus biologiques de certains animaux.

Rayonnement thermique: quantité d'énergie qu'un corps, dont la température n'est pas de zéro absolu, cède sous la forme d'un rayonnement de nature électromagnétique et de longueur d'onde. Le transfert de chaleur peut se faire à travers le vide, contrairement à la conduction et à la convection.

Solstice: chacun des deux moments de l'année où le Soleil se trouve, au cours de sa trajectoire, à la verticale du tropique du Cancer ou du Capricorne. Sa déclinaison est alors de plus ou moins 23,5. Le solstice d'été correspond au jour le plus long dans l'hémisphère Nord, le solstice d'hiver au jour le plus court.

Système photosensible: système sensible à la lumière ou aux variations lumineuses.

Ultraviolet: rayonnement électromagnétique dont les longueurs d'onde sont comprises entre 20 nm et 400 nm.

Voie lactée: nom donné à notre galaxie. Elle est de forme spirallée et aplatie et s'étend sur environ 100 000 années-lumière.

7. Bibliographie

- *Attraction of nocturnal insects to street lights : a study of municipal lighting systems in a rural area of Rheinhessen* (Germany), EISENBEIS, G. & HASSEL F. (2000), *Natur und Landschaft* 75 : 145-156.
- *Bilan des Nuits sans lumière 2019*, Parc national de La Réunion.
- *Comment la pollution lumineuse nuit aux tortues*, Clicanoo, 5 avril 2019.
- La chronobiologie, www.lecerveau.mcgill.ca
- *Eclairage et sécurité en ville: l'état des savoirs*, Sophie MOSSER, 2007 31 (1), pp.77-100.
- *Etude AUBE Aménagement Urbain Biodiversité et Eclairage Île de La Réunion*, Cerema, 2018.
- *Etude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition (Esteban 2014-2016)*. Volet Nutrition Chapitre Activité physique et sédentarité. 2e édition. Santé Publique France, septembre 2017.
- *Les éclairages en chiffres*, Association française de l'éclairage.
- *Le socioécosystème environnement nocturne: un objet de recherche interdisciplinaire*, Samuel CHALLEAT, *Nature Sciences Sociétés*, EDP Sciences, 2018, 26 (3), pp. 257-269.
- *Les Français et le smartphone en 2016: une relation fusionnelle*, étude Deloitte, 2016.
- *Light at Night Co-Distributes with Incident Breast but not Lung Cancer in the Female Population of Israel*, KLOOG and al., *Chronobiology International* 25 (1):65-81, février 2008.
- *Light pollution as a biodiversity threat*, Hölker, et al. 2010, *Trends in Ecology and Evolution* 25:681-682
- *Melatonin secretion and the incidence of type 2 diabetes*, MCMULLAN, CIARAN J et al., *JAMA* vol. 309, 13 (2013): 1388-96.
- *The new world atlas of artificial night sky brightness*, FALCHI et al., *Sciences Advances*, 10 juin 2016.
- *Trop d'éclairage nuit*, guide la Fédération Rhône-Alpes de protection de la nature (FRAPNA), juillet 2013.
- *Light Modulation of Human Clocks, Wake, and Sleep*, Prayag et al 2019.
- *Melatonin suppression is exquisitely sensitive to light and primarily driven by melanopsin in humans*, Prayag et al 2019.
- <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2020.602796/abstract>, Falcon J et al 2020
- *AVIS et RAPPORT de l'Anses relatif aux effets sur la santé humaine et sur l'environnement (faune et flore) des systèmes utilisant des diodes électroluminescentes (LED)* 2019, <https://www.anses.fr/fr/content/led-les-recommandations-de-l'anses-pour-limiter-l'exposition-a-la-lumiere-bleue>

7. Ressources

- Le site web des *Jours de la Nuit* , Parc national de La Réunion
- Le site de l'Inserm : *Chronobiologie, Les 24 heures chrono de l'organisme*; www.inserm.fr/information_en_sante/dossiersinformation/chronobiologie
- Le livre *Les mécanismes du sommeil* de Claude GRONFIER et Joëlle ADRIEN, éditions Le Pommier, 14 mars 2017.
- Le livre *Sauver la nuit* de Samuel CHALLEAT, éditions Premier Parallèle, 10 octobre 2019.
- Le site web de *l'Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturne (ANPCEN)*.
- La plateforme web *Nuit France*.
- Le site web de la *Réserve Internationale de Ciel Etoilé* (RICE).



LE RÉFÉRENTIEL POUR LES MÉDIATEURS, LES ENSEIGNANTS ET LES CURIEUX