



Laura Bachellerie
Université Paris 1 Panthéon Sorbonne
Master 2 professionnel Développement Durable,
Management Environnemental et Géomatique

Guillaume Hennion-Guard
Ecole Centrale Lyon
Cycle ingénieur généraliste



Diagnostic de la pollution lumineuse des sites de ponte des tortues marines de l'archipel guadeloupéen



Plage Grand Bourg, Marie-Galante, le 20/08/14, L.Bachelier

Etude de stage réalisée du 16 juin au 28 novembre 2014

Maître de stage :

M. Antoine Chabrolle, coordinateur du Réseau Tortues Marines de Guadeloupe, Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage de Guadeloupe





Laura Bachellerie
Master 2 professionnel Développement Durable,
Management Environnemental et Géomatique
Guillaume Hennion-Guard
Cycle ingénieur généraliste



Diagnostic de la pollution lumineuse des sites de pontes des tortues marines de l'archipel guadeloupéen

Stage à l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage de Guadeloupe 16 juin au 28 novembre
2014

Maître de stage :

M. Antoine Chabrolle, coordinateur du Réseau Tortues Marines de Guadeloupe, Office National de la
Chasse et de la Faune Sauvage de Guadeloupe

REMERCIEMENTS

Ce stage a été enthousiasmant grâce à la contribution de plusieurs personnes que nous souhaitons ici remercier.

Nous adressons nos remerciements à Antoine Chabrolle qui nous a suivis tout au long de ce stage et qui a tout mis en œuvre pour nous faire partager son expérience et sa passion. Grâce à lui nous avons pu participer à plusieurs missions avec le Réseau Tortues Marines Guadeloupe dont nous garderons un excellent souvenir.

Nous exprimons nos remerciements à David Rozet, Blandine Guillemot, Fabienne Vaudran et Emilie Barraud qui ont tout mis en œuvre pour que notre travail quotidien au sein du service se passe le mieux possible.

Nous remercions Eric Delcroix qui a suivi l'évolution de notre projet de loin et dont les conseils nous ont été précieux.

Nous tenons à remercier chaleureusement tout l'équipe du Service Mixte de Police de l'Environnement de Guadeloupe pour son accueil sympathique qui nous a permis de travailler au quotidien dans une ambiance conviviale. Nous pensons ici à Samantha Garnier, Éric Cailliau, Alexandre Barre, Loïc Jason, Jean Boyer, Etienne Daniault, Jean Simon Ramdine et Anasthase Ramsahai.

SOMMAIRE

Remerciements	5
Sommaire	7
Introduction.....	9
I. Tortues marines et pollution lumineuse	12
1) Vulnérabilité des tortues marines face à la lumière	12
II. Protocole	15
1) Objectifs de l'étude et outils mobilisés	15
2) Protocole de mesure de la pollution lumineuse	18
3) Représentation cartographique	22
III. Diagnostic de la pollution lumineuse sur les sites de ponte	26
1) Diagnostic	26
<i>LES INDICES PLAGE</i>	26
<i>L'INDICE TORTUE</i>	26
<i>L'INDICE POLLUTION</i>	29
2) Hiérarchisation des sites de ponte selon leur exposition à la pollution lumineuse.....	29
3) Préconisations techniques : Réduire l'impact de l'éclairage sur les tortues marines en 5 étapes	
34	
Supprimer les lampes inutiles	34
Orienter l'éclairage	34
Masquer les zones éclairées	37
Utiliser des lampes moins nuisibles	38
Réguler l'éclairage selon les besoins	39
IV. Projets d'aménagement menés.....	40
1) Partenariat avec le Syndicat Mixte d'électricité de la Guadeloupe	40
2) Rénovation de l'éclairage communal de La Désirade	40
3) Partenariat avec le Club Med et aménagement de la plage de la Caravelle.....	42
Conclusion	43
Bibliographie et sitographie	44
Annexes	49
Lexique	67
Liste des sigles utilisés	69

Table des figures.....	70
------------------------	----

INTRODUCTION

Dans les années 1980, le terme pollution lumineuse était utilisé par les astronomes pour désigner la gêne causée par la lumière lors de leurs observations, on parlait alors de photopollution. Aujourd'hui ce terme désigne *la dégradation de l'environnement nocturne* au sein de multiples disciplines dont la médecine, la biologie, la sociologie ou encore l'aménagement.

En 2009 la pollution lumineuse est législativement définie et reconnue comme une nuisance par le Grenelle I de l'environnement : « *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* »¹.

L'hyper éclairage résulte de la recherche de sécurité, de prestige, d'esthétisme et/ou d'économie de moyens. Il a pourtant été démontré que l'éclairage ne garantit ni la sécurité des personnes ni la sécurité routière. Les systèmes d'éclairage sont généralement surdimensionnés et inadaptés aux besoins réels. *Cette utilisation abusive et non maîtrisée de la lumière artificielle entraîne une surconsommation électrique et des nuisances pour la santé humaine et la biodiversité.*

La pollution lumineuse touche en premier lieu *les insectes*, tant ceux qui fuient la lumière comme les papillons, que ceux qui sont attirés par elle. Une des conséquences les plus flagrantes est la perturbation des migrations des oiseaux. En effet, environ 2/3 des oiseaux migrateurs se déplacent de nuit, qu'ils soient attirés par la lumière ou qu'ils s'en éloignent, cela modifie leur trajectoire et entraîne des erreurs d'orientation. Un exemple illustratif est celui du pont reliant la Suède et le Danemark, qui en 2001, lors de sa première nuit éclairée, entraîna la mort de milliers d'oiseaux. Autrement, des oiseaux meurent régulièrement de collision avec les façades éclairées de bâtiments².

Les *mammifères* et les *reptiles* subissent aussi la pollution lumineuse de différentes façons. Sur terre les tortues marines s'orientent à l'aide de la lumière. Après la ponte ou lors de la sortie du nid, celles-ci se dirigent vers la zone la plus lumineuse qu'est la mer. Les éclairages artificiels visibles depuis la plage constituent alors une *menace pour les tortues marines qui risquent d'être désorientées* et se retrouvent exposées aux prédateurs, la fatigue, la collision avec un véhicule ou encore la déshydratation. De plus, elles favorisent les sites de ponte les plus sombres afin de se protéger des prédateurs, les plages fortement éclairées sont donc abandonnées au profit de sites inéclairés.

L'impact sur *la flore* est encore peu étudié mais on sait déjà qu'une photopériode³ modifiée dérègle le rythme biologique des végétaux et perturbent leur photosynthèse. Par exemple, un arbre à proximité d'une source lumineuse perdra ses feuilles plus tard que les arbres plus à l'écart de la

¹ LOI n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (1) (NOR: DEVX0811607L), Version consolidée au 29 décembre 2012, article 41, <http://www.legifrance.gouv.fr>

² HANS SCHMID, PETRA WALDBURGER, DANIELA HEYNEN, 2008, *Les oiseaux, le verre et la lumière dans la construction*, Station ornithologique suisse, https://www.lpo.fr/images/detresse/causes/les_oiseaux_le_verre_et_la_lumiere_dans_la_construction.pdf

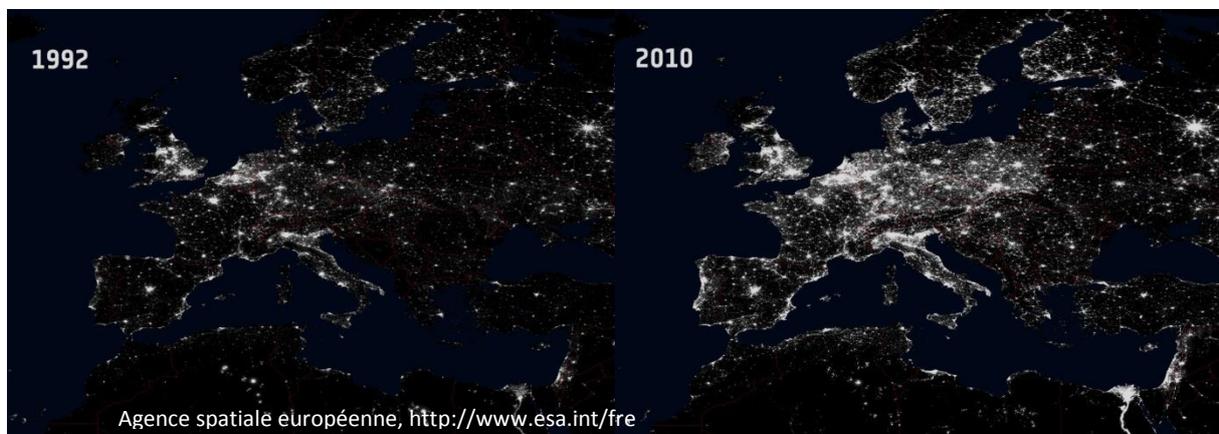
³ Photopériode : Rapport entre la durée du jour et de la durée de la nuit. Ce rapport conditionne de nombreuses activités physiologiques et écologiques comme la reproduction, la migration, l'entrée en hibernation ou encore la floraison

source lumineuse⁴. On note aussi que la flore est impactée par la disparition d'insectes pollinisateurs qui subissent eux aussi les nuisances de l'éclairage.

A l'instar des trames vertes et bleues, des **trames noires** pourraient être mises en place **pour limiter le morcellement des habitats dû à la pollution lumineuse**. On retrouve ici la notion de **continuum** essentielle au maintien en bon état de la biodiversité. Dans la même idée est née la notion de **réserve de ciel étoilé** qui est « un site où un accord pour défendre la qualité du ciel nocturne et où l'accès au ciel étoilé a été mis en place. Sa fonction principale sera de préserver la qualité du ciel nocturne et ses valeurs associées, qu'elles soient culturelles, scientifiques, astronomiques, naturelles ou en lien avec les paysages »⁵. Aujourd'hui il existe 12 réserves de ciel étoilé dont 6 au Canada, 3 aux Etats Unis ; 2 en France (La Provence des Etoiles⁶ ; Réserve de ciel étoilé du Pic du Midi⁷) et 1 en Hongrie. L'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) soutient la création de réserves de ciel nocturne, toutefois, l'inscription du ciel nocturne au patrimoine mondial de l'humanité n'est toujours pas envisageable⁸.

Ajoutons qu'une utilisation maîtrisée de l'éclairage et adaptée aux besoins engendrerait des **économies d'énergie** non négligeables pour les collectivités. Il est pertinent de mesurer l'impact de la pollution lumineuse au travers de diverses disciplines afin que **les mesures de restauration de l'environnement nocturne s'intègrent dans une démarche de développement durable**.

Figure 1 : L'évolution de la pollution lumineuse en Europe de 1992 à 2010 vue du ciel



⁴ ASSOCIATION NATIONALE POUR LA PROTECTION DU CIEL ET DE L'ENVIRONNEMENT NOCTURNE, 2007, *La pollution lumineuse*, p.9, http://www.jourdelanuit.fr/IMG/pdf/Dossier_ANPCEN_poll_lumineuse-2.pdf

⁵ « A Starlight Reserve is a site where a commitment to defend the night sky quality and the access to starlight has been established. Its main function will be to preserve the quality of the night sky and its associate values, whether they are cultural, scientific, astronomical, natural, or landscape-related. » COMITE SCIENTIFIQUE STARLIGHT INITIATIVE, 2009, *Starlight reserve concept*, <http://starlight2007.net/>

⁶ OBSERVATOIRE ROCBARON, <http://observatoire-rocbaron.com/>

⁷ RESERVE DE CIEL ETOILE DU PIC DU MIDI, <http://www.picdumidi.com/rice/>

⁸ « Cependant, aucune « Réserve de ciel nocturne » ni « Parc de ciel nocturne » ne peut être reconnu par le Comité du patrimoine mondial en tant que type ou catégorie spécifiques de biens culturels ou naturels du patrimoine mondial, car il n'existe aucun critère permettant de les prendre en considération au titre de la Convention du patrimoine mondial », L'ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'EDUCATION, LA SCIENCE ET LA CULTURE, <http://whc.unesco.org/fr/astronomie/>

Notre stage s'inscrit dans le cadre du *Plan de restauration des tortues marines de Guadeloupe* dont l'Office Nationale de la Chasse et de la Faune Sauvage (ONCFS) a la charge. L'ONCFS est un établissement public sous la double tutelle des Ministères chargés de l'Ecologie et de l'Agriculture. Ses missions principales sont la police de l'environnement, l'encadrement de la chasse, mais aussi des études sur la faune sauvage qui permettent à l'ONCFS de servir de soutien aux aménageurs et collectivités⁹.

Depuis *1991 toutes les espèces de tortues marines et leurs œufs sont sous protection intégrale* sur l'intégralité de l'archipel guadeloupéen. *En 2005, la protection des habitats* est venue compléter le statut de protection des tortues marines : « *Sont interdits, sur tout le territoire national et en tout temps : (...) la destruction, l'altération ou la dégradation du milieu particulier des tortues marines* »¹⁰.

Dès 2006, le Plan de restauration « *fixe les stratégies et les objectifs permettant de caractériser l'état des populations des tortues marines dans les Antilles Françaises, d'identifier les principales menaces auxquelles elles doivent faire face, de limiter ces menaces, d'engager une coopération régionale et internationale autour de ce sujet et d'entreprendre des actions de communications pour sensibiliser au mieux le grand public à l'état des populations de tortues marines et aux actions entreprises pour leur restauration* »¹¹. Le programme de réduction des problématiques tortues marines aux Antilles françaises (REPROTOMAF) est financé avec l'aide des *Fonds européen agricole de développement rural*.

A cela s'ajoute le *Plan d'action Guadeloupe* qui adapte le Plan de restauration aux spécificités des problématiques tortues marines en Guadeloupe. Celui-ci a pour objectif « *d'assurer la reconstitution des «populations» de tortues imbriquées et de tortues vertes et de surveiller et protéger la «population» de tortue Luth* »¹².

La pollution lumineuse étant une des menaces qui touchent les tortues marines et leurs habitats, les objectifs de notre stage sont *d'établir un diagnostic de la pollution lumineuse sur les sites de ponte* des tortues marines de l'archipel guadeloupéen, de hiérarchiser les sites de pontes en fonction de leur priorité d'intervention et de proposer des solutions d'aménagements permettant de réduire l'impact de l'éclairage sur les tortues. Nous avons *diagnostiqué la pollution lumineuse sur 114 plages de l'archipel guadeloupéen dont 55 avec des problématiques d'éclairage*.

⁹ OFFICE NATIONAL DE LA CHASSE ET DE LA FAUNE SAUVAGE, <http://www.oncfs.gouv.fr/>

¹⁰ ARRETE DU 14 OCTOBRE 2005 FIXANT LA LISTE DES TORTUES MARINES PROTEGEES SUR LE TERRITOIRE NATIONAL ET LES MODALITES DE LEUR PROTECTION article 3 (NOR: DEVN0540395A), <http://www.legifrance.gouv.fr/>

¹¹ DIRECTION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT GUADELOUPE, RESEAU TORTUES MARINES GUADELOUPE, 2007, *Plan de Restauration des tortues marines des Antilles françaises, plan d'action Guadeloupe*, p.17,

http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/downloads/doc_final_Plan_Action_Guadeloupe_27-12-07.pdf

¹² *Ibid*

I. TORTUES MARINES ET POLLUTION LUMINEUSE

La première étape dans la réalisation du diagnostic est de dresser un panorama des travaux de recherche déjà menés à propos de l'impact de la pollution lumineuse sur les tortues marines. En effet, il convient d'analyser les méthodologies des diagnostics déjà réalisés ainsi que le comportement des tortues face à la lumière afin de déterminer les variables à prendre en considération.

1) Vulnérabilité des tortues marines face à la lumière

De toutes les études passées en revue il ressort cinq constats fondamentaux :

- la présence d'éclairage sur une plage entraîne une désertion du site de ponte par les tortues marines
- la présence d'éclairage sur une plage entraîne des désorientations de femelles et de nouveau-nés à l'émergence¹³
- les tortues et nouveau-nés mal orientés sont préférentiellement attirés par la lumière visible la plus puissante
- les tortues adultes et juvéniles sont plus sensibles aux faibles longueurs d'onde
- la présence d'un horizon sombre (buisson, dune, muret...) positionné entre une tortue et une source lumineuse dissuade les tortues de se diriger vers cette source lumineuse

Après la ponte les tortues s'orientent donc grâce à la lumière, il en est de même pour les nouveau-nés à l'émergence. En l'absence de sources lumineuses anthropiques, l'horizon de la mer représente la zone la plus claire, à cause de la réverbération du ciel, de la lune et de la couleur blanche de l'écume. Cet horizon plus lumineux leur permet de regagner la mer. Cela a été démontré grâce à des expérimentations où des nouveau-nés aux yeux bandés étaient incapables de se diriger vers l'océan. Ces expériences ont aussi démontré qu'une stimulation lumineuse limite les capacités d'orientation des nouveau-nés. Ajoutons que lorsqu'aucun signal lumineux n'est détectable, les nouveau-nés s'orientent grâce à la pente de la plage¹⁴. Le bruit des vagues qui déferlent sur le littoral serait également un facteur d'orientation chez les tortues marines¹⁵.

Concernant la sensibilité des tortues à la lumière, il a été démontré qu'elles étaient plus sensibles à certaines longueurs d'ondes. **Cette sensibilité varie selon les espèces mais on remarque globalement qu'elle est plus faible pour les longueurs d'onde les plus grandes (rouge) :** «Des données d'électrorétinographie¹⁶ démontrent que les tortues vertes sont plus sensibles à la lumière du violet au orange du spectre visible, de 400 à 640 nm. Dans la lumière du jour, les tortues vertes montrent une sensibilité plus forte aux courtes logeurs d'ondes du spectre lumineux que les

¹³ Emergence : Moment où, après l'éclosion des œufs, les nouveau-nés quittent le nid et rejoignent l'océan.

¹⁴ BLAIR E. WITHERINGTON, R. ERIK MARTIN, 2003, *Understanding, assessing, and resolving light-pollution problems on sea turtle nesting beaches*, p.6, <http://www.fws.gov/caribbean/es/PDF/Library%20Items/LightingManual-Florida.pdf>

¹⁵ Remarque faite par les membre du réseau tortues marines de Guadeloupe, sans preuve scientifique établie

¹⁶ Electrorétinographie : Examen de l'œil destiné à enregistrer l'activité électrique de la rétine après une stimulation lumineuse

humains¹⁷ ». Ceci explique pourquoi en Guadeloupe, il est demandé aux écovolontaires qui effectuent les suivis nocturnes des plages, d'utiliser des lampes à lumière rouge (led rouge ou avec un filtre rouge).

Un autre élément important est la capacité de distinction des formes et des ombres des tortues jeunes et adultes. En effet, il a été démontré que les tortues peuvent être capables de distinguer correctement les ombres, ceci à tel point qu'elles pourraient discerner individuellement des étoiles dans le ciel¹⁸. L'étude de Susan M. Tuxbury, Michael Salmon¹⁹ parue en 2004 *démontre que la présence de zones d'ombre (buisson, dune, muret...), entre la tortue et le point lumineux, dissuade les tortues de se rendre vers ce point*. Plus cet obstacle est grand, plus la dissuasion est forte.

Pour pouvoir évaluer l'impact qu'aura un site sur les tortues, il faut donc prendre en compte plusieurs paramètres :

- L'éclairage du site
- La visibilité de sources de lumière directes et leur intensité
- La présence d'obstacles sur les chemins d'accès aux points lumineux
- Le spectre²⁰ de la lumière émise

A l'émergence, le taux de survie des nouveau-nés diminue pour les individus désorientés : « chaque temps supplémentaire passé sur terre à cause d'une désorientation induite par une lumière artificielle peut mener à un taux de mortalité plus élevé car les nouveau-nés sont plus enclins à succomber à l'épuisement, l'écrasement par un véhicule, la prédation ou la déshydratation »²¹. De plus, le temps passé à avancer dans le sable requiert beaucoup d'énergie pour les nouveau-nés.

¹⁷ SUSAN M. TUXBURY, MICHAEL SALMON, 2004, *Competitive interactions between artificial lighting and natural cues during seafinding by hatchling marine turtles*, p.19 : « Procedure called electroretinography data show that green turtles are most sensitive to light in the violet to orange region of the visible spectrum, from 400 to 640 nm. In daylight, green turtles show a greater spectral sensitivity within the shorter-wavelength (blue) region of the spectrum than humans do »

¹⁸ BLAIR E. WITHERINGTON, R. ERIK MARTIN, 2003, *Understanding, assessing, and resolving light-pollution problems on sea turtle nesting beaches*, p.23, <http://www.fws.gov/caribbean/es/PDF/Library%20Items/LightingManual-Florida.pdf>

¹⁹ SUSAN M. TUXBURY, MICHAEL SALMON, 2004, *Competitive interactions between artificial lighting and natural cues during seafinding by hatchling marine turtles*

²⁰ Spectre : Le spectre est la décomposition de la lumière en ses différentes composantes spectrales.

²¹ BLAIR E. WITHERINGTON, R. ERIK MARTIN, 2003, *Understanding, assessing, and resolving light-pollution problems on sea turtle nesting beaches*, p.30, <http://www.fws.gov/caribbean/es/PDF/Library%20Items/LightingManual-Florida.pdf> : « Any increased time spent on land as a result of disorientation induced by artificial light can lead to an increased mortality rate because hatchlings are more likely to succumb to exhaustion, predation or dehydration »

Figure 2 : Désorientation de tortue marine après la ponte



II. PROTOCOLE

1) Objectifs de l'étude et outils mobilisés

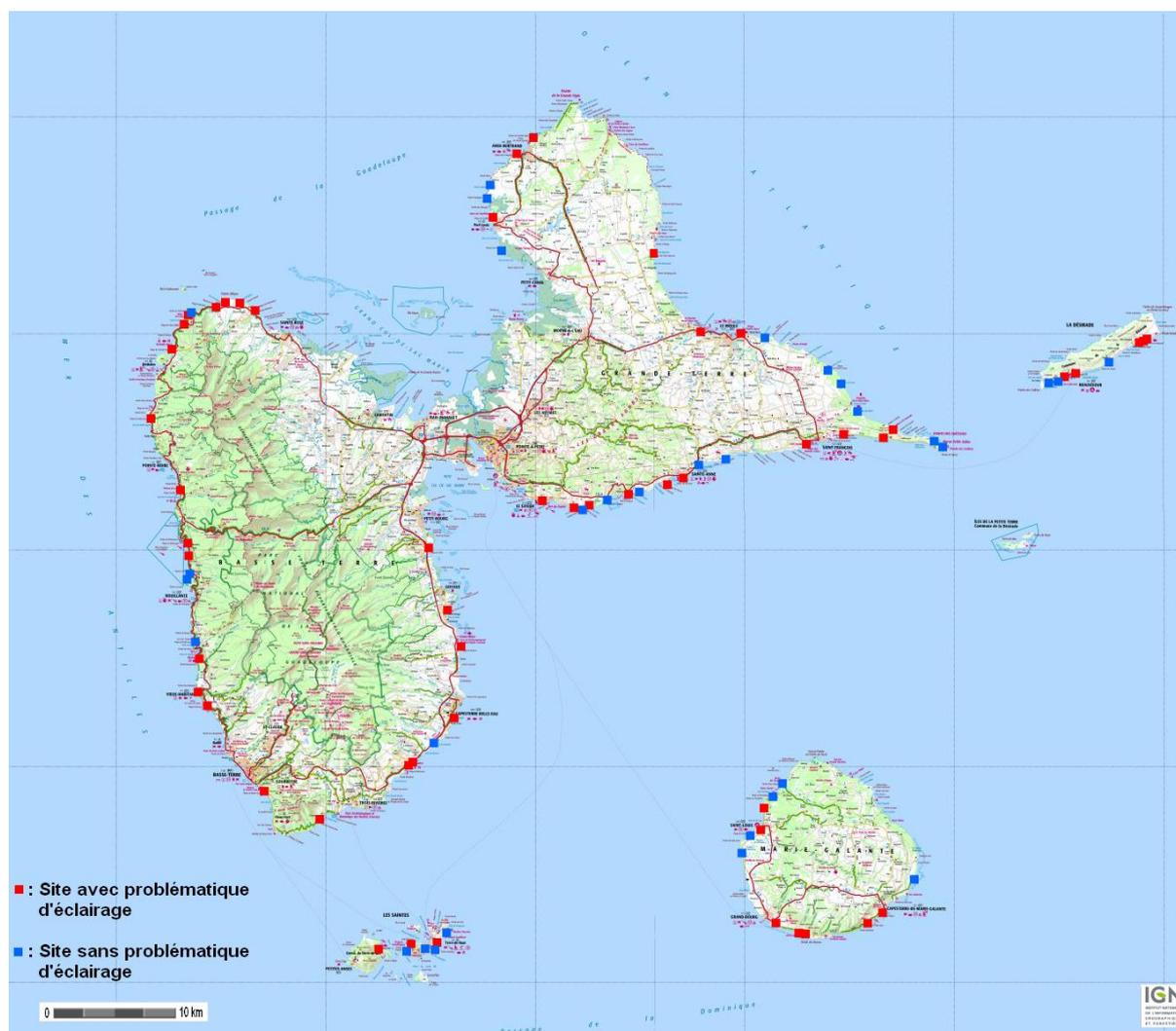
Les objectifs de l'étude sont :

- Etablir un diagnostic de la pollution lumineuse sur les sites de ponte des tortues marines de l'archipel guadeloupéen. Cet état des lieux doit se baser sur des données qualitatives et quantitatives
- Hiérarchiser les sites de pontes en fonction de leur priorité d'intervention.
- Proposer des solutions d'aménagements permettant de réduire l'impact de l'éclairage sur les tortues

Nous avons **diagnostiqué la pollution lumineuse sur 114 plages de l'archipel guadeloupéen dont 55 avec des problématiques d'éclairage**. Parmi ces 55 plages, 23 se trouvent en Basse Terre, 18 en Grande Terre, 7 à Marie Galante, 5 à la Désirade et 2 aux Saintes. Le choix des sites s'est fait à partir d'une hiérarchisation des sites de ponte réalisée par Marion Brunel en 2013 pour l'ONCFS²² selon le nombre de pontes, l'état de l'habitat, le degré de menaces et la priorité de conservation de chacun des sites. Nous nous sommes intéressés à tous les sites de priorité très forte, forte et moyenne (cf. figure 3).

²² Marion Brunel, 2013, *Stratégie et plan d'actions pour la protection réglementaire des sites de ponte de tortues marines sur l'archipel guadeloupéen (rapport de stage ONCFS 10/12 - 03/13)*

Figure 3 : Carte des sites de ponton étudiés



Les résultats que nous obtenons pour chaque plage doivent être traités et retranscrits de manière à remplir plusieurs objectifs :

- Les résultats doivent être retranscrits de la même manière pour chacune des plages étudiées
- La lecture des résultats doit être aisée et imagée
- L'ensemble des résultats doivent pouvoir être exploités de façon multiscalaire²³
- La retranscription des résultats doit permettre de proposer des solutions d'aménagements
- Les données doivent pouvoir être modifiées et actualisées
- La méthode et le traitement des résultats doivent être reproductibles

²³ Multiscalaire : A plusieurs échelles

Afin de répondre à ces objectifs la représentation cartographique a été choisie. En effet les Systèmes d'Information Géographique (SIG) permettent de superposer des données environnementales aux données de géolocalisation. Les données recueillies sur le terrain peuvent être traduites au moyen de représentations cartographiques variées. De plus les SIG sont des outils modulables, les données utilisées et les représentations cartographiques peuvent être modifiées et actualisées. Pour chaque plage étudiée deux cartes ont été créées en suivant un modèle prédéfini afin de permettre la comparaison des données.

Les outils nécessaires à la réalisation de l'étude sont un GPS et un spectrophotomètre. Le spectrophotomètre que nous avons utilisé est le MK350 d'UPRtek (cf annexe 1)

2) Protocole de mesure de la pollution lumineuse

Rappelons que nous avons conclu plus haut que pour évaluer l'impact qu'aura un site sur les tortues, il faut prendre en compte :

- L'éclairage du site
- La visibilité de sources de lumière directes et leur intensité
- La présence d'obstacles sur les chemins d'accès aux points lumineux
- Le spectre de la lumière émise

Les outils nécessaires à la réalisation de l'étude sont un GPS et un spectrophotomètre. Le spectrophotomètre que nous avons utilisé est le MK350 d'UPRtek (cf annexe 1)

Pour chaque plage la démarche suivie sur le terrain, qui se décompose en un relevé de jour et un relevé de nuit, est la suivante (La fiche de terrain vierge est en annexe 2) :

→ Relevé de jour :

- Repérage de la plage (accès et configuration)
- Repérage des lampadaires et de leur environnement
- Repérage d'un éventuel parking
- Première détermination du maillage
- Relevé de la couleur du sable
- Qualification de la topographie de la plage
- Prise de photographies de la plage

→ Relevé de nuit :

- Confirmation du maillage
- Mesure de l'éclairage naturel face à la mer
- Pour chaque source lumineuse, relevé de :
 - Le numéro attribué **A**
 - La position GPS **B**
 - La hauteur en mètres **C**
 - L'orientation en format horaire face à la mer **D**
 - L'obstruction de 1 à 3 **E**
 - La fonction **F**
 - La distance en mètres entre l'appareil de mesure et la source lumineuse si l'éclairage maximal ne se trouve pas au pied du lampadaire **G**
 - L'éclairage maximal à 15cm au sol en Lux **H**
 - La température de couleur de la lumière émise en Kelvins **I**
 - Le numéro d'enregistrement du spectre dans la carte mémoire du spectrophotomètre **J**
 - Le type de lampes, celui-ci est déterminé grâce au spectre de la lumière émise **K**
- Pour chaque point du maillage, relevé de :
 - Le numéro d'enregistrement du point dans la carte mémoire du GPS **L**

- La présence d'un maximum d'éclairement dans une direction donnée : X pour absence d'un maximum / 1 pour présence d'un maximum **M**
- La valeur maximal d'éclairement mesuré en Lux **N**
- Eventuellement le numéro d'enregistrement du spectre dans la carte mémoire du spectrophotomètre si cela peut apporter des informations intéressantes **O**
- Le numéro des sources lumineuses visibles depuis la plage associé à la présence d'obstacles au ras du sol entre le point de mesure et ces sources lumineuses²⁴ : n pour absence d'obstacles / o : pour présence d'obstacle **P**

Les lettres en rouge renvoient à la figure suivante.

²⁴ Obstacle entre le point de mesure et la source lumineuse : Sur un point de la plage donnée et pour une lumière directement visible depuis ce point, il s'agit de relever la présence d'un obstacle sur le chemin entre ce point et la source.

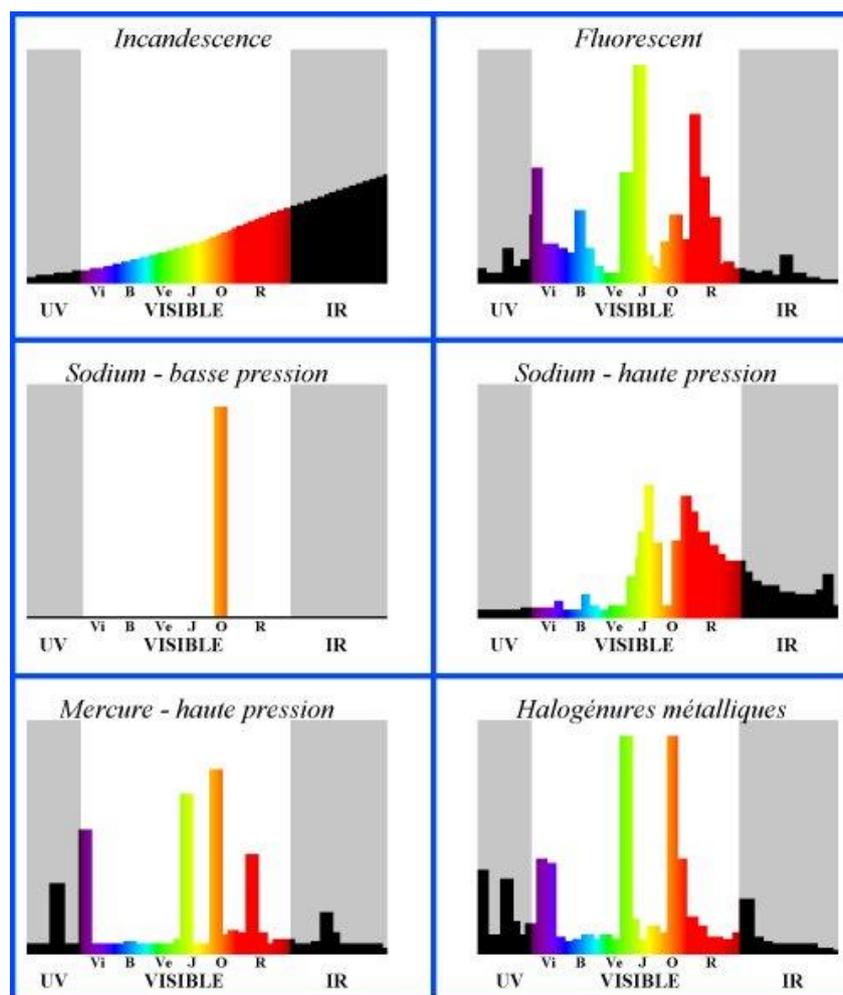
Le relevé de l'éclairement sur la plage se base donc sur un maillage. Il s'agit de la discrétisation de la plage en un ensemble de points de mesure. Plus le maillage sera fin, plus il y aura de points de mesures et plus les résultats seront précis. La taille du maillage dépend de :

- L'homogénéité de la plage
- La densité de sources lumineuses
- La densité d'obstacles à la lumière
- La largeur de la plage
- La priorité du site de ponte

Pour nos études, nous avons pris des maillages variant sur la longueur entre 15 et 50 m et sur la largeur entre 2 et 3 points.

Comment déterminer le type de lampe grâce au spectre de la lumière émise ? Chaque lumière émise par une lampe possède une décomposition spectrale qui renseigne sur le type de source lumineuse. Il suffit de comparer le spectre mesuré avec les tables suivantes. Notez que le spectre peut varier légèrement entre deux lampes du même type : vitre de type différent ou sale, modification des composants pour les lampes fluorescentes. (cf.annexe 3)

Figure 5 : Décompositions spectrales des différents types de lampes



<http://www.astro.ulg.ac.be/~demoulin/pollum/lampes.htm>

Mises en garde :

- La précision du spectrophotomètre ne nous permet pas de donner des valeurs avec des décimales, c'est pourquoi *la notation 0 lux ne correspond pas réellement à une valeur nulle de l'éclairement mais à une valeur inférieure à 1 lux.*
- La mesure de l'intensité des lampes est une valeur permettant de comparer la puissance de chaque lampe des sites étudiés, mais celle-ci ne permet pas de remonter aux caractéristiques d'usines.
- Le nombre cité de lampes ne prend en compte *que les lampes qui fonctionnait à la date des relevés.*

3) Représentation cartographique

Les données de terrain recueillies sont insérées et traitées dans un Système d'Information Géographique. Le logiciel utilisé est *QGis 2.4.0 Chugiak*²⁵, celui-ci est libre et en open source sous licence publique générale GNU. QGis a été choisi car c'est un SIG de plus en plus utilisé et le fait qu'il soit en open source évite d'acheter une licence et permet à toute personne de reproduire le protocole sans avoir à se procurer une licence couteuse.

Les couches raster de base sont des images satellite proposées sur le site Géoportail, celles-ci proviennent de l'Institut Géographique National et de Planet Observer. Un SIG a été réalisé pour chaque plage, en effet cette solution nous a permis d'outrepasser les problèmes d'échelle car les plages étudiées ont toutes une longueur différente allant de 20 mètres à 2 kilomètres. De plus, étant donné le grand nombre de données à traiter, il était plus simple de gérer les couches de données de chaque plage de façon autonome.

Toutes les données recueillies sur le terrain sont insérées dans les tables du SIG. Les figures suivantes sont des extraits des tables SIG de la plage des Galbas. Pour le détail des manipulations effectuées sur le SIG référez-vous à l'annexe 4.

²⁵ QGIS, <http://www.qgis.org/fr/site/index.html>

Figure 6 : Extrait de la table SIG concernant les lampadaires de la plage des Galbas, Sainte Anne

name	ID	hauteur	orient	obstru	fonction	dmax	edairemen	spectre	type	TDC	intensite
862	1	8	360	1	parking	10	25	2317	hallogene	5546	1600
863	2	8	360	2	parking	9	109	2501	sodium bp	2063	6976
864	3	2	12	1	buvette	2	32	2710	neon	5528	128
865	4	3	12	1	resto	2	29	2806	neon rouge	3000	261
866	5	2	12	1	resto	2	22	2806	neon rouge	3000	88
867	6	3	12	3	resto	3	12	2939	neon	5260	108
868	7	4	360	1	route	2	8	3119	sodium hp	2686	128
869	8	4	360	1	route	2	8	3119	sodium hp	2686	128
870	9	3	360	1	route	2	14	3511	sodium bp	2015	126
871	10	3	360	1	route	2	14	3511	sodium bp	2015	126
872	11	3	360	1	route	2	14	3511	sodium bp	2015	126
873	12	3	360	1	route	2	14	3511	sodium bp	2015	126
874	13	3	360	1	route	12	14	3511	sodium bp	2015	2016
880	14	10	12	2	port	3	14	4302	mercure et sodiu...	2896	1400
881	15	3	9	1	port	3	48	4409	sodium hp	2583	432
882	16	3	9	1	port	3	49	4409	sodium hp	2583	441
883	17	3	9	1	port	3	49	4409	sodium hp	2583	441
884	18	3	9	1	port	3	49	4409	sodium hp	2583	441
885	19	3	9	1	port	3	49	4409	sodium hp	2583	441
886	20	4	12	3	arriere plage	6	38	4809	mercure	5503	608

Figure 7 : Extrait de la table SIG concernant les points de mesure de la plage des Galbas, Sainte Anne

name	max	edairemen	spectre	lpe vis 3	lpe vis 4	lpe vis 5	lpe vis 6	lpe vis 7	lpe vis 8
864	1	32	2710	3	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
877	1	0	0	3	4	5	6	NULL	NULL
878	0	0	0	3	4	5	6	NULL	NULL
879	0	0	0	3	4	5	6	NULL	NULL
862	1	25	2317	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
863	1	109	2501	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
865	1	29	2806	NULL	4	NULL	NULL	NULL	NULL
866	1	22	2806	NULL	NULL	5	NULL	NULL	NULL
867	1	12	2939	NULL	NULL	NULL	6	NULL	NULL
868	1	8	3119	NULL	NULL	NULL	NULL	7	NULL
869	1	8	3119	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	8
870	1	14	3511	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
871	1	14	3511	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
872	1	14	3511	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
873	1	14	3511	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
874	1	6	3511	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
875	1	2	0	NULL	4	5	NULL	NULL	NULL
876	1	1	0	NULL	4	5	NULL	NULL	NULL
880	1	48	2896	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
881	1	49	2583	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
882	1	49	2583	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
883	1	49	2583	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
884	1	49	2583	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
885	1	49	2583	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
886	1	38	4809	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL
887	1	99	4924	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Pour chaque plage deux cartes sont créés. La première représente l'éclairement reçu au niveau du sol en Lux à chaque point de la plage. Plus les plages de couleurs tendent vers le rouge, plus l'éclairement est fort. Afin de couvrir l'ensemble de la plage à partir de notre maillage ponctuel, nous avons utilisé un diagramme de Voronoi. Cela permet de donner une représentation continue de l'éclairement sur la plage. Le parking est aussi représenté en pointillés noirs car celui-ci est une source de pollution lumineuse bien qu'elle soit « non fixe ».

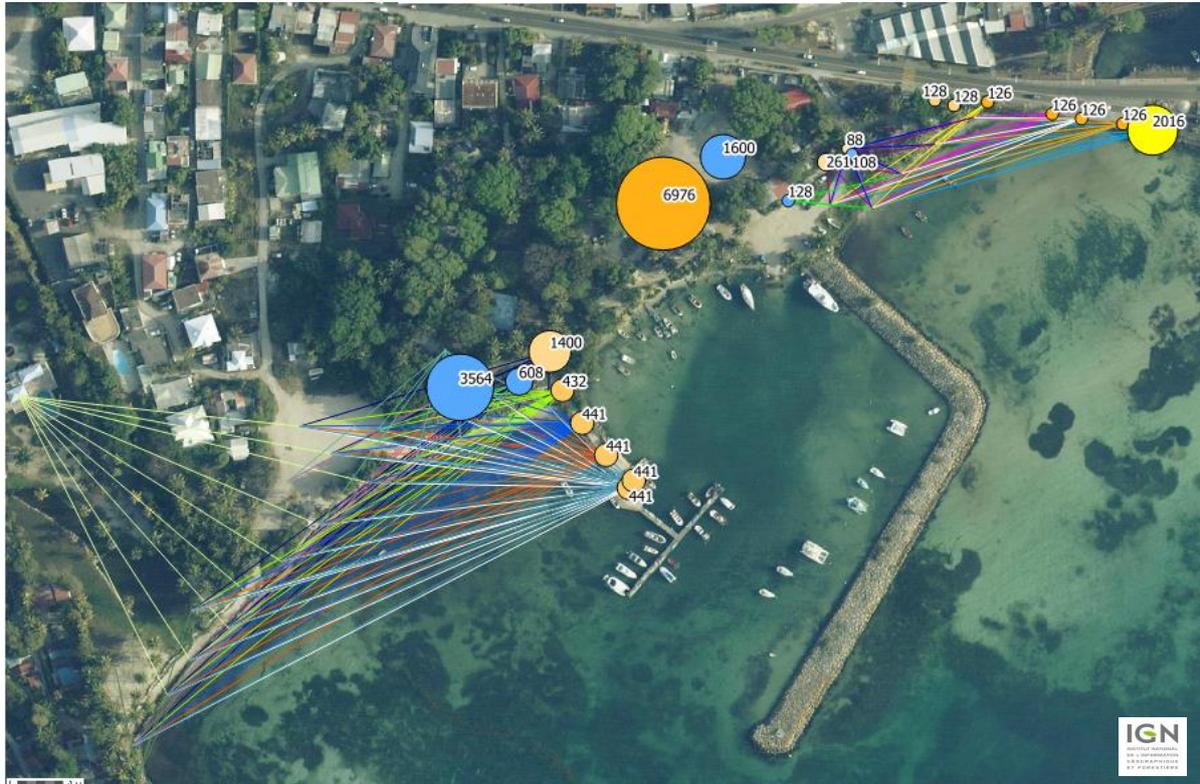
Figure 8 : Eclairement reçu en Lux sur la plage des Galbas à Sainte Anne



La seconde carte géolocalise les différentes sources de lumière et les caractérise :

- Plus le diamètre du cercle est important plus l'intensité de la lampe est forte
- Plus la couleur du cercle tend vers le bleu, plus la température de couleur est forte. Plus la couleur du cercle tend vers le rouge, plus la température de couleur est faible
- Les segments partent de la source lumineuse et vont jusqu'à chaque point de la plage où cette source est visible. Finalement, les segments représentent les faisceaux lumineux de chaque lampe.

Figure 9 : Caractérisation de chaque source lumineuse sur la plage des Galbas à Sainte Anne



Les données des tables SIG sont ensuite exportées dans une base de données Excel. Enfin, le diagnostic prend la forme d'un catalogue Word où un résumé des données essentielles ainsi que les deux cartes sont présentés pour chaque plage.

III. DIAGNOSTIC DE LA POLLUTION LUMINEUSE SUR LES SITES DE PONTE

1) Diagnostic

LES INDICES PLAGE

Afin de pouvoir établir une hiérarchie nous avons tiré des indices applicables à chaque plage à partir des données récoltées sur le terrain. Les 4 indices plage retenus sont :

- Moyenne d'éclairement : Moyenne de l'éclairement de tous les points de mesure
- Pourcentage éclairage direct : C'est le pourcentage de points de mesures dont l'éclairement est supérieur ou égal à 1 lux. Plus celui se rapproche du pourcentage de visibilité, moins d'éclairage sera considéré comme inutile.
- Pourcentage de visibilité : C'est le pourcentage de points de mesures à partir desquels au moins une source lumineuse ou une zone éclairée est visible. Celui-ci correspond au pourcentage de la plage impactée par l'éclairage.
- Présence de parking : Présence d'un parking ou non en arrière de plage

L'INDICE TORTUE

Nous avons vérifié la pertinence de ces 4 indices plage en les comparant avec l'indice appelé indice tortue tiré d'une étude réalisée par Marion Brunel pour l'ONCFS en 2013 : « *Les données issues du suivi sur les sites de ponte constituent la base du calcul d'un indicateur qui va permettre de quantifier l'importance d'un site par rapport aux autres en Guadeloupe. Ce sont les données du suivi 2008 qui ont été utilisées pour le calcul de cet indicateur : la pression de suivi y est importante et il s'agit d'une année à vertes. Cependant, pour certaines plages, dont le suivi n'était pas formalisé en 2008, ce sont les données 2012 qui ont été utilisées [...] Sur un site donné, on attribue des points associés au nombre d'activités de tortues recensées. Une activité correspond à une montée sur la plage, même si elle n'est pas suivie d'une ponte réussie. Plusieurs activités recensées peuvent donc provenir d'un seul et même individu. Selon les espèces, le nombre d'activités apporte plus ou moins de points. En effet, on retrouve beaucoup moins de tortues vertes et tortues luth sur les plages de Guadeloupe que de tortues imbriquées. On additionne les points obtenus pour chaque espèce : on obtient un total sur 15. Etant donné le statut hautement prioritaire des tortues vertes, on attribue un point bonus aux plages les accueillant. La note finale est donc sur 15, et traduit l'importance du site de ponte en matière d'accueil des femelles tortues marines en ponte. On ramène ensuite la note sur 10 pour faciliter la lecture* »²⁶.

²⁶ MARION BRUNEL, 2013, *Stratégie et plan d'actions pour la protection réglementaire des sites de ponte de tortues marines sur l'archipel guadeloupéen*, p.52-53

Figure 10 : Calcul de l'indice tortue

Exemple :

On a recensé en 2008 à l'anse des Salines (Saint-François) :

- 10 activités de tortues imbriquées
- 33 activités de tortues vertes
- aucune activité de tortues luth

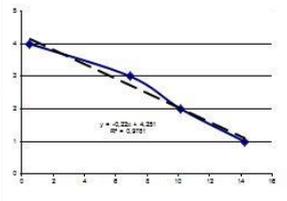
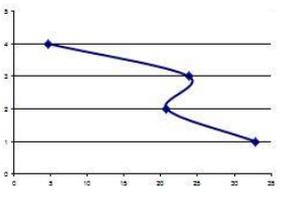
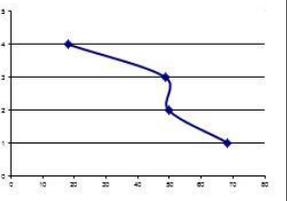
Imbriquées		Vertes		Luth	
Nombre d'activités recensées	Points	Nombre d'activités recensées	Points	Nombre d'activités recensées	Points
0	0	0	0	0	0
[0 ; 10]	1	[0 ; 5]	1	[0 ; 5]	1
[11 ; 30]	2	[6 ; 10]	2	[6 ; 10]	2
[31 ; 60]	3	[11 ; 20]	3	[10 ; 15]	3
[61 ; 120]	4	[21 ; 40]	4	> 15	4
> 120	5	[41 ; 100]	5		
		> 100	6		
TOTAL = 5/15					
+1 bonus vertes = 6/15					
→ Indice « tortues » = 4/10					

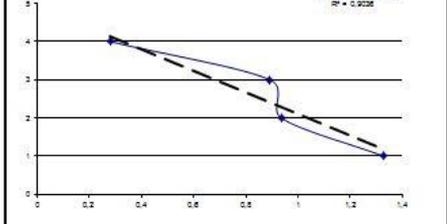
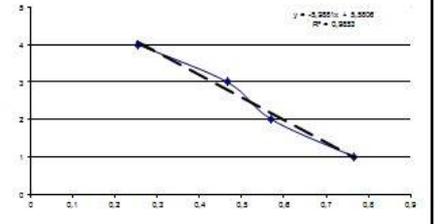
Remarque : Les notes s'étalent de 0 à 6 sur 10 sur l'ensemble des sites suivis. On fait le choix de ne plus indiquer le /10 car le statut de « note » n'a plus vraiment de sens si elles ne s'étalent pas de 0 à 10. C'est pourquoi nous parlerons plutôt d' « indice ».

MARION BRUNEL, 2013, *Stratégie et plan d'actions pour la protection réglementaire des sites de ponte de tortues marines sur l'archipel guadeloupéen*, p.53

Afin de vérifier la pertinence de nos 4 indices plage (Moyenne d'éclairement ; Pourcentage d'éclairement direct ; Pourcentage de visibilité ; Présence de parking) nous avons comparé pour chaque plage son indice tortue à nos 4 indices plage. Calcul du coefficient de corrélation entre l'indice tortue et nos indices plage sur chaque plage :

Figure 11 : Calcul du coefficient de corrélation entre l'indice tortue et nos indices plage sur chaque plage

Indice	Eclairement	Eclairement direct	Visibilité
Coefficient de corrélation (C1)	-0,304	-0,253	-0,309
Représentation de la moyenne des indices de chaque plage pour un indice tortue donné			
Coefficient de corrélation avec la moyenne (C2)	-0,989	-0,896	-0,942

Indice pollution lumineuse	Avec égale répartition				Avec optimisation			
Coefficient de corrélation (C1)	-0,328				-0,389			
Représentation de la moyenne de l'indices de chaque plage pour un indice tortue donné								
Coefficient de corrélation avec la moyenne (C2)	-0,950				-0,992			
Valeurs des coefficients	Eclairement	Eclairment direct	Visibilité	Parking	Eclairement	Eclairment direct	Visibilité	Parking
	1	1	1	0,1	1	0	0,146	0,483

Le coefficient de corrélation est non nul, il existe donc un lien entre pollution lumineuse et activité de ponte des tortues marines. Cependant ce coefficient est faible, en particulier pour l'indice d'éclairement direct.

Au contraire, si pour chaque on calcule la moyenne des 4 indices plage (Moyenne d'éclairement ; Pourcentage d'éclairement direct ; Pourcentage de visibilité ; Présence de parking), puis que l'on calcule le coefficient de corrélation entre cette moyenne et l'indice tortue, on obtient des valeurs de coefficient très hautes, proches de -1, soit un lien quasi linéaire entre les deux. Cela montre donc la pertinence de nos indices plage.

La différence entre C1 et C2 montre que nos indices plage sont pertinents de manière générale. Toutefois, au cas par cas, il existe une forte amplitude autour de la moyenne des résultats calculés, cela confirme tout de même la pertinence de nos 4 indices plage.

L'INDICE POLLUTION

Afin de hiérarchiser les différentes plages étudiées nous avons créé un indice pollution, deux versions sont envisageables :

- Version 1 :

Nous faisons le choix de donner autant d'importance aux paramètres moyenne d'éclairement, pourcentage d'éclairement direct et pourcentage de visibilité. En revanche nous avons donné une faible importance à la présence de parking qui est une menace occasionnant généralement une gêne plutôt qu'une désorientation.

L'indice pollution lumineuse est la somme des valeurs accordées aux 4 paramètres :

- Indice éclairement direct et indice de visibilité : valeurs comprise entre 0 et 1
- Moyenne éclairement : On divise les valeurs par le maximum d'éclairement mesuré, ce qui nous permet d'obtenir des valeurs comprises entre 0 et 1.
- Présence de parking : présence : valeur 0.1 / absence : valeur 0

- Version 2 :

On cherche à créer un indice pollution le plus corrélé possible à l'indice tortue. Pour cela, on fait la somme de nos indices plage pondérés par des coefficients variables. Un algorithme d'optimisation permet de trouver les coefficients maximisant, en valeur absolue, le coefficient de corrélation.

On remarque que dans tous les cas, la prise en compte de plusieurs indices plage améliore le coefficient de corrélation. ***L'indice pollution permet donc une meilleure hiérarchisation des sites de ponté que les indices plages pris indépendamment.***

2) Hiérarchisation des sites de ponté selon leur exposition à la pollution lumineuse

On remarque sur la figure suivante que l'indice pollution optimisé et l'indice pollution non optimisé donnent une hiérarchie des plages différente. On remarque par exemple que la plage de Simaho est 7^{ème} au classement non optimisé et 2^{ème} au classement optimisé. Ou encore Fort Royal ouest qui est 8^{ème} au classement non optimisé et 22^{ème} au classement optimisé.

La première différence réside dans l'une des faiblesses de notre diagnostic : ***la mesure de l'éclairement moyen qui ne prend pas en compte la profondeur de la plage.*** Ainsi, des lampes en arrière plage compteront autant que des plages en bord de mer. Ce défaut est normalement corrigé grâce à l'indice d'éclairement direct qui permet de prendre en compte le pourcentage de zones de plages directement éclairées. Mais l'optimisation de l'indice pollution donne un coefficient nul à l'indice d'éclairement direct.

La seconde différence tient uniquement dans la non prise en compte de ce dernier indice.

Ainsi, bien que l'optimisation nous donne des informations intéressantes, *le classement non optimisé nous semble plus juste que le classement optimisé.*

Le problème est que nous ne disposons pas d'un échantillon de plage avec des indices tortue suffisants. Cela ne nous permet pas de faire un traitement statistique juste. D'autre part, l'indice tortue a été fait sur des données de 2008, soit six ans avant notre passage. Certaines plages, Simaho par exemple, ont subi d'importantes modifications d'éclairage ce qui fausse la corrélation avec nos mesures.

Figure 12 : Hiérarchisation des sites de ponte selon l'indice pollution non optimisé

Plage	Parking	Moyenne	Ecart type	% visib	% eclrmt	id pollution	Clsmt optim	Clsmt	id tortue
Baie du Nord Ouest	1	63.58	87.30	100.00	93.94	3.039	1	1	0
Sainte Anne	1	48.16	44.14	100.00	96.22	2.820	5	2	0
Anse Bananier	1	38.14	25.58	100.00	100.00	2.700	6	3	0
Marigot	1	52.23	79.73	100.00	66.67	2.588	3	4	1
Grand Bourg MG	1	31.42	39.68	100.00	97.22	2.566	9	5	0
Rivière Sens	1	37.86	34.15	100.00	86.36	2.559	7	6	2
Simaho	1	60.23	99.04	100.00	51.11	2.559	2	7	1
Fort Royal Ouest	0	40.33	63.05	100.00	82.47	2.459	22	8	3
Datcha	1	31.48	46.94	100	81.48	2.410	8	9	2
Anse du Souffleur	1	53.5	96.93	77.78	63.33	2.353	4	10	2
L'autre bord	1	16.98	32.22	100.00	78.72	2.154	14	11	3
Malendure	1	16.80	44.21	100.00	71.74	2.082	15	12	1
Feuillère MG	1	22.88	49.51	100.00	56.63	2.026	10	13	3
Viard	1	6.19	6.19	100.00	80.88	2.006	32	14	0
Anse Salée	1	14.12	21.35	100.00	65.38	1.976	16	15	3
Caravelle	0	25.33	50.88	93.28	64.43	1.975	47	16	3
Les Galbas	1	17.02	24.80	100.00	59.18	1.960	13	17	0
Anse Caraibes	1	9.27	11.91	95.56	64.44	1.846	25	18	1
Fifi	1	8.78	12.25	100.00	57.78	1.816	26	19	1
Chalet MG	1	19.69	23.01	75.00	62.50	1.785	12	20	0
Sainte Claire	1	13.39	36.00	92.54	52.24	1.758	17	21	3
Petite Anse MG	1	9.26	12.55	100.00	50.00	1.746	23	22	1
Saint Louis MG	1	11.50	29.15	100.00	40.38	1.685	20	23	0
Pain de Sucre	0	11.72	12.68	100.00	46.88	1.653	62	24	2
Anse Mancenillier	1	8.49	9.97	76.92	58.97	1.592	31	25	0
Les Basses MG	1	8.14	12.01	100.00	35.71	1.585	29	26	0
Les Raisins Clairs	1	12.48	37.76	94.44	31.48	1.556	19	27	2
La Chapelle avant 22h	1	13.91	28.04	84.91	38.24	1.550	18	28	2
Anse Laborde	1	19.39	133.84	92.63	12.63	1.458	11	29	2
Anse de la perle	1	2.94	6.61	98.78	31.71	1.451	34	30	3
Grande Anse Trois Rivières	1	4.30	9.36	80.00	46.67	1.434	35	31	4

Grande Anse TdH	1	9.08	22.59	90.91	25.76	1.409	28	32	3
Souffleur	1	5.62	8.14	77.78	41.27	1.379	33	33	3
Anse Maurice	1	9.12	34.82	100.00	11.54	1.359	24	34	2
Anse Kahouanne	1	7.59	8.10	89.40	23.84	1.352	30	35	0
Petit Havre	1	4.38	8.92	78.38	37.84	1.331	36	36	0
La Chapelle après 22h	1	9.88	25.50	84.91	22.39	1.328	27	37	2
Anse Vinaigri	1	10.38	16.04	100.00	0.56	1.269	21	38	1
Amandier	1	2.52	9.18	85.92	16.90	1.168	37	39	2
Anse à Sable	1	0	0	100	0	1.100	38	40	3
Petite Anse Deshaies	1	1.36	3.46	71.43	21.43	1.050	40	41	1
Anse Petite Rivière	1	1.83	4.36	66.67	25.00	1.046	39	42	3
Rocroy	1	1.77	3.75	53.85	23.08	0.897	43	43	0
Anse des îles	1	0.13	0.34	73.91	0.13	0.842	42	44	0
Fanfan	1	2.54	6.39	54.05	10.81	0.789	41	45	1
Saint Felix	1	0	0	63.64	0	0.736	44	46	2
Anse Nogent	1	0.29	1.66	40.00	5.45	0.559	46	47	4
Grande Anse Deshaies	1	0.75	3.37	37.65	0.13	0.490	45	48	4
Clugny	1	0.13	1.01	31.75	0.02	0.420	48	49	4
Fort Royal Est	0	0	0	40	0	0.400	63	50	3
La Gourde	1	1.44	6.49	9.77	4.51	0.266	49	51	2
Vieux Fort MG	1	0	0	5	0	0.150	50	52	3
Folle Anse MG	1	0	0	4	0	0.140	51	53	3
Leroux	1	0	0	0	0	0.100	52	54	0
Petite Anse Bouillante	1	0	0	0	0	0.100	53	55	0
Pointe d'Antigues	1	0	0	0	0	0.100	54	56	1
Roseaux	1	0	0	0	0	0.100	55	57	1
Anse du Belley	1	0	0	0	0	0.100	56	58	2
Baie Mahault	1	0	0	0	0	0.100	57	59	2
La Saline	1	0	0	0	0	0.100	58	60	2
Anse de Mays	1	0	0	0	0	0.100	59	61	3
Bois Jolan	1	0	0	0	0	0.100	60	62	3
Les Galets MG	1	0	0	0	0	0.100	61	63	4

Port-Louis Sud	0	0	0	4	0	0.040	64	64	4
Trois Ilets MG	0	0	0	4	0	0.040	65	65	4
Anse Conchou	0	0	0	0	0	0.000	66	66	0
Anse Crawen	0	0	0	0	0	0.000	67	67	0
Anse Rodrigue	0	0	0	0	0	0.000	68	68	0
Petite Anse LD	0	0	0	0	0	0.000	69	69	0
Anse Montal	0	0	0	0	0	0.000	70	70	1
Anse à la croix	0	0	0	0	0	0.000	71	71	2
Anse à Saint	0	0	0	0	0	0.000	72	72	2
Anse du Figuier	0	0	0	0	0	0.000	73	73	2
Baie de Pompierre	0	0	0	0	0	0.000	74	74	2
Pointe Canot Est	0	0	0	0	0	0.000	75	75	2
Aérodrome	0	0	0	0	0	0.000	76	76	3
Anse à l'eau	0	0	0	0	0	0.000	77	77	3
Anse des Châteaux	0	0	0	0	0	0.000	78	78	3
Anse Lavolvaine	0	0	0	0	0	0.000	79	79	3
Galets	0	0	0	0	0	0.000	80	80	3
Machette	0	0	0	0	0	0.000	81	81	3
Anse à la Fontaine	0	0	0	0	0	0.000	82	82	4
Anse des Salines	0	0	0	0	0	0.000	83	83	4
Baie Sainte Marie	0	0	0	0	0	0.000	84	84	4
Galets Rouges	0	0	0	0	0	0.000	85	85	4
Anse du Grand Marigot	/	/	/	/	/	-10.000	/	/	/
BB MG	/	/	/	/	/	-10.000	/	/	/
Grande Anse TdB	/	/	/	/	/	-10.000	/	/	/

3) Préconisations techniques : Réduire l'impact de l'éclairage sur les tortues marines en 5 étapes

Nous avons produit un document sous la forme de fiche technique permettant aux communes, bureaux d'études ou tout aménageur de réduire l'impact de l'éclairage sur les tortues. La fiche technique complète se trouve en annexe 6. L'objectif était d'établir une fiche simple et opérationnelle. La démarche se décompose en 5 étapes :

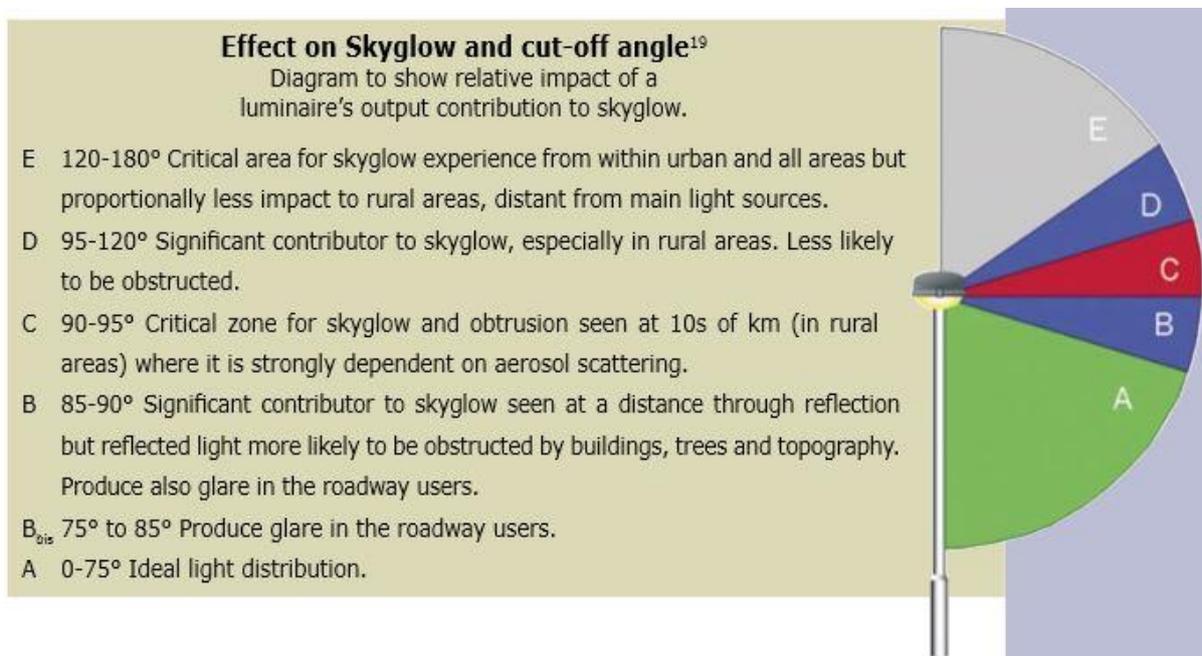
Supprimer les lampes inutiles

Au cours de nos sessions de terrain nous avons remarqué qu'un grand nombre d'éclairages fonctionnent toute la nuit alors que les sites ne sont ni utilisés, ni fréquentés. Cela peut venir du sentiment de sécurité, d'esthétisme ou de prestige que confère l'éclairage. Rappelons ici que l'éclairage ne garantit pas la sécurité des personnes, il répond à une peur du noir et traduit une volonté de contrôle et d'appropriation du territoire²⁷.

Orienter l'éclairage

Dans la plupart des cas que nous avons rencontrés les lampadaires illuminent une surface plus étendue que nécessaire. Nous conseillons d'installer des équipements qui permettent de canaliser le flux lumineux et donc de n'éclairer que les zones qui en ont besoin : vasques plus directionnels et caches. De plus, nous conseillons de placer les lumières le plus au ras du sol possible de manière à ce qu'elles ne soient pas visibles depuis la plage.

Figure 13 : Contribution de l'orientation du lampadaire à la pollution lumineuse



PROJET STARLIGHT, 2009, *Starlight reserve concept*, <http://starlight2007.net/>

²⁷ JEAN-MICHEL DELEUIL, JEAN-YVES TOUSSAINT, 2000, *De la sécurité à la publicité, l'art d'éclairer la ville*, Les annales de la recherche urbaine n° 87, http://www.annalesdelarechercheurbaine.fr/IMG/pdf/Deleuil.Toussaint_ARU_87.pdf

Nous avons illustré la méthode d'orientation de l'éclairage grâce à une série de photos prises sur le site du Club Med à Sainte Anne, nous avons fabriqué le cache avec de simples morceaux de carton (figure 12).

Figure 14 : Canaliser le flux lumineux

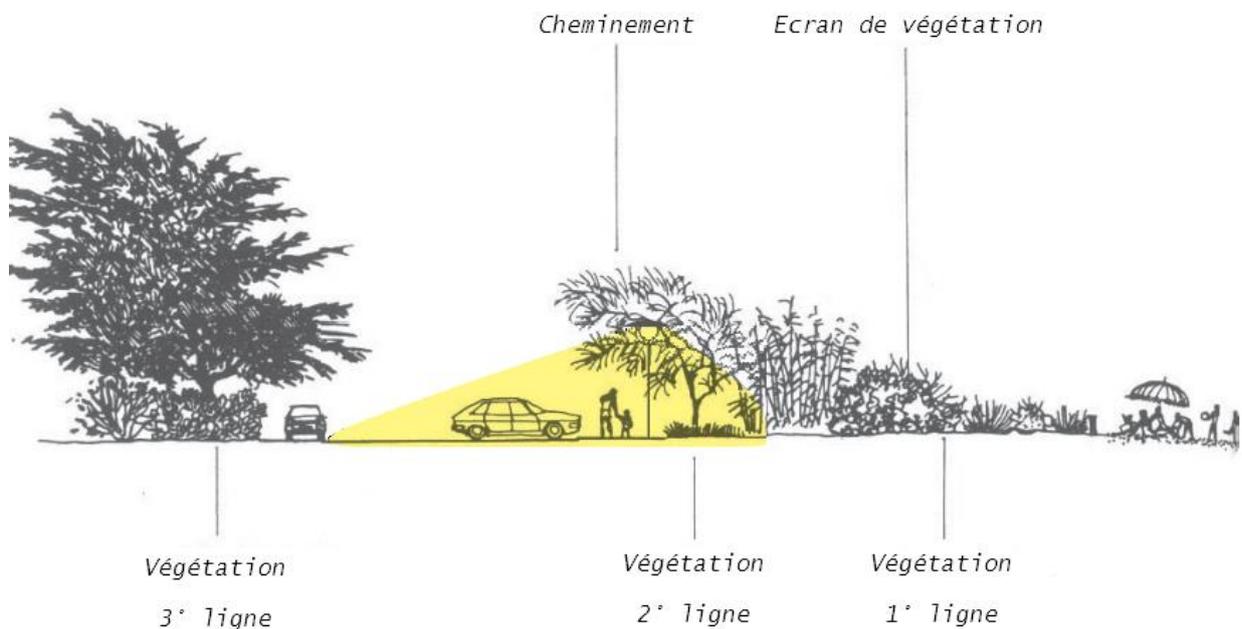


Masquer les zones éclairées

Il est important de masquer les sources lumineuses mais aussi les zones éclairées par celles-ci. En effet, les tortues peuvent être attirées par une simple surface au sol éclairée, même si l'ampoule du lampadaire n'est pas visible

La végétation peut être utilisée pour faire office d'écran naturel permettant de limiter le flux lumineux sur les zones de plage à préserver. Par exemple, une végétation de haut de plage joue un rôle indispensable dans le compromis entre éclairage d'arrière plage et préservation des activités des tortues marines. Cette végétation constitue également un lieu favorable pour le ponte des tortues marines.

Figure 15 : Mettre en place des écrans de végétation



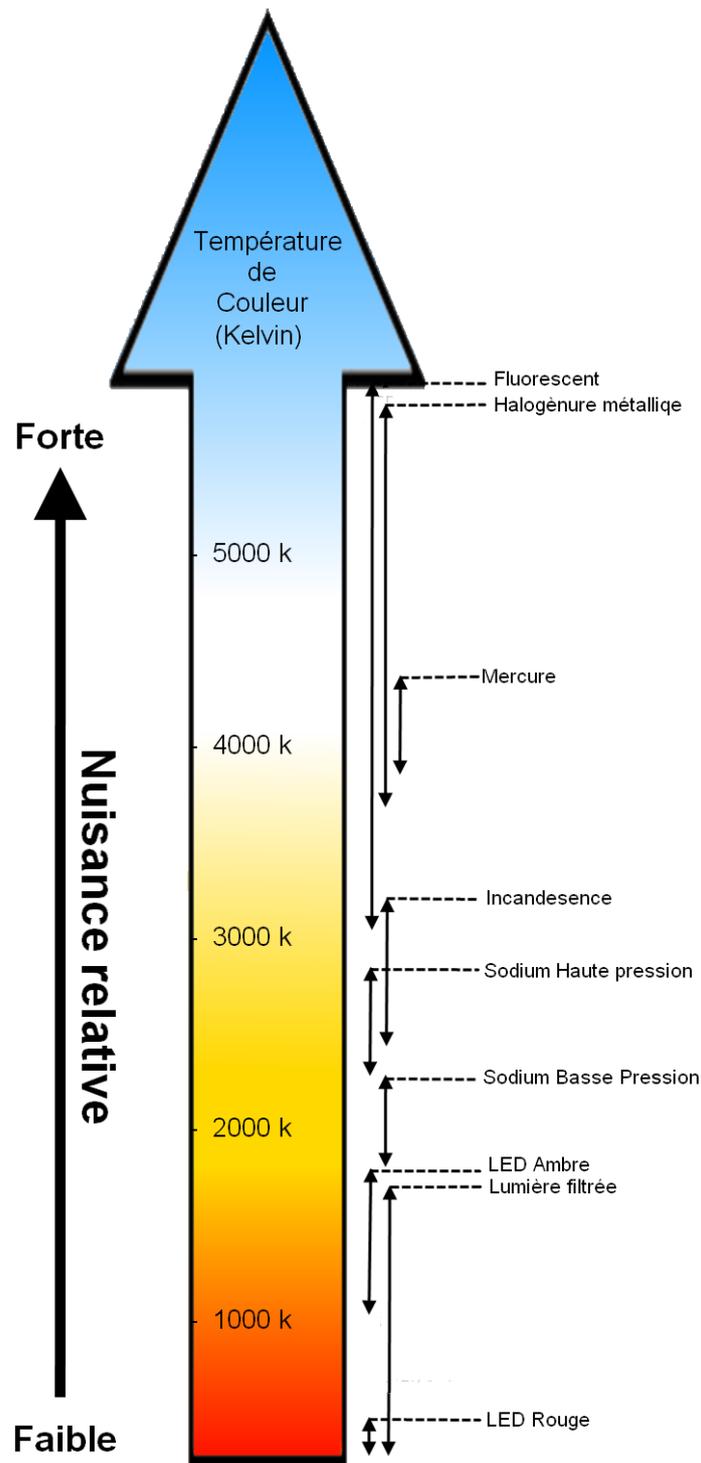
Nous déconseillons l'utilisation de cocotiers car ceux-ci ne permettent pas de masquer la lumière artificielle. De plus, le système racinaire des cocotiers ne favorise pas la rétention du sable ce qui ne préserve pas les plages contre l'érosion éolienne et littorale. La liste botanique des espèces qui sont envisageables pour constituer un écran végétal naturel s'inscrivant dans l'identité paysagère des plages de Guadeloupe est annexe 7.



Utiliser des lampes moins nuisibles

Nous conseillons vivement de réduire au maximum l'intensité des lampadaires et d'utiliser des ampoules à grande longueur d'onde ou faible température de couleur. Plus la lumière va tendre vers le rouge, moins les tortues seront dérangées.

Figure 16 : Nuisance pour chaque type de lumière



Réguler l'éclairage selon les besoins

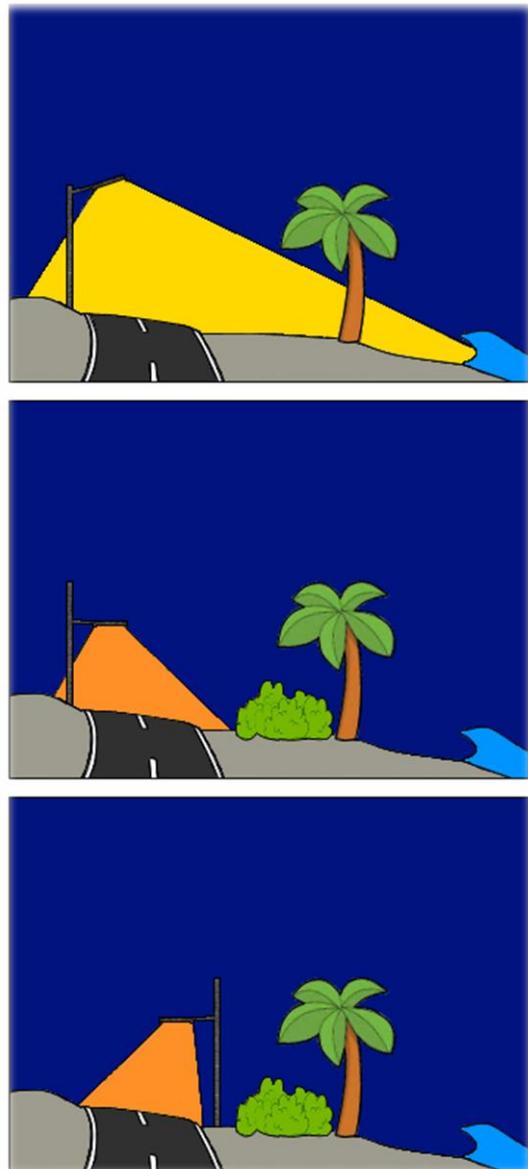
Certains sites restent éclairés toute la nuit alors que ceux-ci ne sont ni utilisés, ni fréquentés. Nous préconisons donc d'adapter l'éclairage aux usages des citoyens. Afin de réduire les durées d'éclairage, les minuteurs, les horloges ou les détecteurs de mouvement sont envisageables. Ceux-ci permettent de ne faire fonctionner les luminaires qu'en cas d'activité ou de passage. Ces outils permettent également de réaliser des économies d'énergie. Par exemple, une plage considérée comme un site de pontes pour les tortues marines, qui n'est utilisée que très tôt le matin par les marins pêcheurs, ne nécessite pas un éclairage permanent. Un minuteur peut déclencher l'éclairage seulement lorsque les activités de pêche commencent.

Il est aussi envisageable d'installer des variateurs d'intensité qui régulent l'intensité du flux lumineux selon l'heure. Là aussi le système est complètement modulable et s'adapte au rythme des activités du site.

Le schéma suivant illustre la façon dont les nuisances lumineuses peuvent être considérablement limitées sur un site de pontes des tortues marines bordé par une route :

- Abaissement de la hauteur de la source lumineuse
- Ampoule à faible température de couleur
- Limitation de l'intensité
- Orientation du lampadaire dos à la mer
- Mise en place d'une végétation dense faisant office d'écran

Les catadioptrés réfléchissants sont des solutions que nous conseillons vivement. Ceux-ci permettent une très bonne visibilité de la route sans éclairage permanent, ils ne consomment aucune énergie et sont peu onéreux.



IV. PROJETS D'AMENAGEMENT MENES

1) Partenariat avec le Syndicat Mixte d'électricité de la Guadeloupe

Le 17 septembre 2014 nous avons eu un rendez-vous au siège du **Syndicat Mixte d'Electricité de la Guadeloupe** (Sy.MEG) avec Monsieur Albert Elatre, président du Sy.MEG ; Monsieur José Guiloet, directeur de cabinet ; Monsieur Max Ranguin, directeur de la gestion énergétique. Ce syndicat gère la distribution d'électricité ainsi que les travaux d'extension, de renforcement, d'enfouissement et d'amélioration des réseaux électriques des 32 communes de la Guadeloupe, à l'instar d'une intercommunalité. Les communes peuvent faire appel au Sy.MEG afin d'avoir simplement un avis de consultation sur les projets envisagés ou confier au syndicat la réalisation complète des travaux. Celui-ci lance par la suite des appels d'offre et choisit les entreprises auxquelles les travaux seront confiés.

Il ressort de cet entretien ***l'engagement du Sy.MEG à suivre les recommandations de l'ONCFS afin de limiter la pollution lumineuse*** (cf Annexe 5) : « ***Aussi nous sommes en mesure d'aller plus loin que les simples recommandations prévues par la législation en vigueur, mais faire des préconisations sur le choix du matériel pour l'éclairage, sur la base de la mise en place d'un cahier des charges et d'une Charte entre le Sy.MEG, l'Association des maires et l'ONCFS.*** »²⁸. Cet engagement doit donc s'est concrétisé par la création d'une charte, disponible en annexe 10, qui implique qu'à chaque nouvelle installation ou travaux de remise en état, le Sy.MEG et les entreprises choisies réalisent des aménagements permettant de limiter les nuisances lumineuses. Notons que cette charte ne concerne pas seulement les tortues mais toutes les espèces de faune vulnérables face à la pollution lumineuse. La valeur de cette charte est renforcée par la signature de l'Association des maires qui garantit que les communes s'engagent aussi à utiliser des technologies minimisant la pollution lumineuse.



2) Rénovation de l'éclairage communal de La Désirade

Comme le courrier du Sy.Meg l'indique, l'île de la Désirade a confié la gestion complète de la rénovation de son parc de lampadaires au Sy.MEG : « ***D'autre part, nous devons programmer des travaux d'éclairage public sur les communes de la Désirade, de Terre de Bas, de Terre de Haut et de Vieux-Fort. Ainsi, pourriez-vous nous communiquer les études réalisées sur les sites de pont de ces différentes communes et nous indiquer un référent avec lequel nous travaillerons désormais*** »²⁹. Le 23

²⁸ Courrier du Président du Sy.MEG, Albert Elatre, à l'intention du Chef de service de l'ONCFS, David Rozet, le 03.10.14

²⁹ Courrier du Président du Sy.MEG, Albert Elatre, à l'intention du Chef de service de l'ONCFS, David Rozet, le 03.10.14

septembre 2014 nous avons accompagné sur le terrain Elin Dinane, conseiller municipal de la Désirade, Max Ranguin, directeur de la gestion énergétique pour le Sy.MEG et Anne-Cécile Warcholak, Chargée d'affaires pour Artelia. Artelia est un bureau d'études qui exerce dans les domaines bâtiment, eau, environnement, maritime, ville, transport, industrie, multi-sites et bien sûr énergie³⁰. C'est donc Artelia qui compose le cahier des charges avec le Sy.MEG et qui choisira les entreprises sous-traitantes pour le projet Désirade.

Lors des discussions avec le conseiller municipal nous avons proposé plusieurs solutions techniques générales, comme celles présentées plus haut, afin de réduire la pollution lumineuse. La municipalité semble d'accord pour réduire l'intensité lumineuse de certains lampadaires sur des secteurs peu passants et aux heures creuses. Sur certains lampadaires il pourrait être envisagé d'installer des minuteries ou détecteurs de mouvements. Toutefois, celle-ci n'est pas encore prête à se lancer dans une démarche de réduction du nombre de points lumineux. Elin Dinane a notamment soulevé la question de l'acceptation par la population de ce genre de mesures. Il est clair que pour les personnes non-sensibilisés aux enjeux de la pollution lumineuse, l'éclairage est garant de la sécurité et du prestige de la ville. La mairie se valorise donc au travers de l'éclairage.

Le but de cette inspection de terrain était de réaliser un inventaire du parc de lampadaires et de recueillir nos préconisations pour les éclairages des sites de pont. Pour cela nous avons transmis aux différents acteurs un dossier de préconisations, la fiche technique pour réduire les nuisances de l'éclairage en 5 étapes et les extraits de notre diagnostic concernant les cinq plages éclairées de la Désirade (cf. Annexe 8). Il se trouve que la commune a la charge le réseau d'éclairage communal mais pas départemental. De ce fait 2 plages sur 5 sont exclues car l'éclairage dépend du conseil général et non de la commune. Nous pouvons résumer nos préconisations pour les plages de Baie Mahault, Anse Petite Rivière et Fanfan aux points suivants (pour le détail référez-vous à l'annexe 9) :

- Diminution de la hauteur des lampadaires
- Installation d'ampoules émettant une lumière la plus chaude possible : possibilité d'installer des LED ambrées
- Diminution de l'angle des lampadaires, chercher à tendre vers les 0 degrés d'inclinaison
- Régulation de l'intensité en fonction de l'horaire
- Orientation des lampes vers les terres, et non la mer (seulement pour Baie Mahault)
- Possibilité de mettre en place un détecteur de mouvement

Précisons ici qu'en termes de réglementation il n'y a étonnamment pas de législation particulièrement contraignante pour l'éclairage public. Ce sont plutôt des recommandations. La norme européenne de référence actuelle est la norme 13201³¹.

³⁰ ARTELIA, <http://www.arteliagroup.com/fr/>

³¹ LA REVUE DE L'ECLAIRAGE, 2004, *Les normes européennes de l'éclairage*, Lux N°228, http://www.energies-davenir.com/bibliotheque-ea/eclairage_public_signalisation/normes_euro_eclairage.pdf

3) Partenariat avec le Club Med et aménagement de la plage de la Caravelle

Le Club Med de Sainte Anne est implanté sur la plage de la Caravelle qui est un site de pontes relativement important pour les tortues marines. Un partenariat s'est monté avec le Réseau tortues marines de Guadeloupe afin de préserver les activités de pontes, la réduction des nuisances lumineuses du Club s'inscrit dans cette démarche. Après avoir réalisé notre étude sur le site nous avons effectué une visite de terrain avec le responsable des services techniques du Club, Joël Lavalie, et avec Olivier Carini du bureau d'études Citeos. Citeos est le partenaire du Club Med pour la réfection de l'éclairage. Au cours de cette visite nous nous sommes concentrés sur les trois points qui nous ont semblé prioritaires. Il s'agit du terrain de volley, de pétanque et du cheminement piéton.

Les aménagements proposés pour le terrain de volley sont d'installer des projecteurs au flux lumineux beaucoup plus directif et d'implanter une barrière végétale faisant office d'écran. L'installation d'une minuterie qui serait actionnée par les utilisateurs lorsqu'ils jouent a été évoquée. Le terrain de pétanque est un cas particulier car celui-ci fait aussi office de point de rassemblement, des normes strictes de sécurité sont donc à respecter. Toutefois il est envisageable de diriger les deux spots vers les bâtiments et non plus vers la mer. Des luminaires moins puissants et plus directifs peuvent être installés. Pour le cheminement piéton le rajout de caches est possible, cela permettrait de diminuer l'émission de lumières vers des zones non utiles. L'utilisation d'ampoules moins impactantes comme les Led ambrées a été évoquée. Le site étant un établissement recevant du public la norme de 20 Lux au sol doit être respectée pour les personnes à mobilité réduite.

Citeos doit transmettre un devis au Club Med. Afin d'encourager le Club à réaliser ces travaux nous réfléchissons à la création d'un label qui indiquerait que ce site contribue à la préservation des tortues marines. De plus, le Club Med serait affiché en tant que partenaire du réseau tortues marines Guadeloupe sur le site internet mais aussi sur différents supports de communication. D'ailleurs, un article était déjà paru dans France Antilles en aout 2014 pour exposer les actions communes du réseau et du site touristique.

CONCLUSION

Il ressort de cette mission de stage un protocole de mesure et de cartographie de la pollution lumineuse innovant. Les résultats sont exploitables et sont un outil de décision important pour les discussions avec les communes ou les structures touristiques.

Les négociations engagées avec les différents acteurs se sont bien déroulées et devraient rapidement aboutir à des résultats probants. La charte avec le Sy.MEG est un outil important pour la suite des démarches qui seront lancées. De plus, il semble que le projet de modification des éclairages au Club Med ait des chances d'être réalisé sous peu.

BIBLIOGRAPHIE ET SITOGRAPHIE

ETUDES GENERALES SUR LA POLLUTION LUMINEUSE

AGENCE REGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT DE HAUTE NORMANDIE, *La pollution lumineuse, une nuisance qui coute cher*, http://www.arehn.asso.fr/dossiers/pollution_lumineuse/index.html#18

ASSOCIATION NATIONALE POUR LA PROTECTION DU CIEL ET DE L'ENVIRONNEMENT NOCTURNE, 2007, *La pollution lumineuse*,
http://www.jourdelanuit.fr/IMG/pdf/Dossier_ANPCEN_poll_lumineuse-2.pdf

EMMANUEL VERHEGGHEN, *Pollution lumineuse et perte de biodiversité*, L'homme et l'oiseau N°2, 2013, <http://www.ascen.be/documents/medias/perte%20de%20biodiversit%C3%A9%20.pdf>

HANS SCHMID, PETRA WALDBURGER, DANIELA HEYNEN, 2008, *Les oiseaux, le verre et la lumière dans la construction*, Station ornithologique suisse,
https://www.lpo.fr/images/detresse/causes/les_oiseaux_le_verre_et_la_lumiere_dans_la_construction.pdf

JEAN PHILIPPE SIBLET, 2008, *Impact de la pollution lumineuse sur la biodiversité. Synthèse bibliographique*, Rapport MNHN-SPN,
<http://spn.mnhn.fr/servicepatrimoinenaturel/docs/rapports/SPN%202008%20-%208%20-%20Rap-SPN%20POLLUX.pdf>

JEAN-MICHEL DELEUIL, JEAN-YVES TOUSSAINT, 2000, *De la sécurité à la publicité, l'art d'éclairer la ville*, Les annales de la recherche urbaine n° 87,
http://www.annalesdelarechercheurbaine.fr/IMG/pdf/Deleuil.Toussaint_ARU_87.pdf

P.CINZANO, F.FALCHI, C.D ELVIDGE, 2001, *The first world atlas of the artificial night sky brightness*,
<http://www.lightpollution.it/cinzano/download/0108052.pdf>

ETUDES GENERALES SUR LES TORTUES MARINES

DAVID GULKO, KAREN ECKERT, 2004, *Sea turtles, an ecological guide*, Mutual publishing

GORJUX & AL, 2006, *L'habitat terrestre des tortues marines, prise en compte dans l'aménagement du littoral et restauration écologique aux Antilles françaises*, Réseau tortues marines de Guadeloupe,
<http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/bibliotheque.html#3asitedepontes>

JOHAN CHEVALIER, ANDRE LARTIGES, 2001, *Les tortues marines des Antilles*, Office national de la chasse et de la faune sauvage, CNERA faune d'outre-mer

RESEAU DES TORTUES MARINES DE GUADELOUPE : <http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/>

WIDER CARIBBEAN SEA TURTLE CONSERVATION NETWORK : <http://www.widecast.org/>

TORTUES MARINES ET POLLUTION LUMINEUSE

ASSOCIATION KWATA, 2010, *Pollution lumineuse de la route des plages et conservation des tortues marines, quelles solutions ?*

BLAIR E. WITHERINGTON, R. ERIK MARTIN, 2003, *Understanding, assessing, and resolving light-pollution problems on sea turtle nesting beaches*, <http://www.fws.gov/caribbean/es/PDF/Library%20Items/LightingManual-Florida.pdf>

CANCEL MAÏLYS, 2009, *Evaluation des impacts de la pollution lumineuse sur les sites de ponte des tortues marines de Rémire-Montjoly*, Association Kwata

F. CLARO, C. BARDONNET, 2011, *Les tortues marines et la pollution lumineuse sur le territoire français*, Groupe tortues marines France et Muséum national d'histoire naturel, http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/downloads/3_Habitats/3a_Tortues_PollLum_GTMF2011.pdf

FUMPY SOLAR CONCEPT, 2012, *Eclairage adapté l'environnement des tortues en Martinique*

JACQUELYN KAY LORNE, MICHAEL SALMON, 2007, *Effects of exposure to artificial lighting on orientation of hatchling sea turtles on the beach and in the ocean*, Endangered species research n°3, <http://www.publish.csiro.au/paper/ZO13028.htm>

JOHN E.KNOWLES, KAREN L.ECKERT, JULIA A.HORROCKS, 2009, *In the spotlight : an assessment of beachfront lighting at four hotels in Barbados, with recommendations for reducing threats to sea turtles*, Widecast technical report N°12, <http://www.widecast.org/Resources/Docs/Knowles et al 2009 Sea Turtles and Lights An Assessment of Hotels in Barbados.pdf>

KAREN L.ECKERT, JULIA A.HORROCKS, 2002, *Sea Turtles and,Beachfront Lighting An Interactive workshop for Industry Professionals and Policy-Makers in Barbados*, WIDECAS T Technical Report N°1, <http://www.widecast.org/Resources/Docs/Eckert and Horrocks 2002 Beachfront Lighting Workshop.pdf>

KIMBERLEY N.LAKE, KAREN L. ECKERT, 2009, *Reducing light pollution in a tourisme-based economy, with recommendations for a national lighting ordinance*, Widecast technical report N°11, <http://www.widecast.org/Resources/Docs/Lake and Eckert 2009 Sea Turtle Lighting Policy Anguilla Case Study.pdf>

OFFICE NATIONAL DE LA CHASSE ET DE LA FAUNE SAUVAGE, CELLULE TECHNIQUE MARTINIQUE, 2008, *Caractérisation des pollutions lumineuses sur les sites de nidification des tortues marines de la Martinique, propositions de mesures de gestion*

SEA TURTLE LIGHTING : <http://seaturtlelighting.net/>

SUSAN M. TUXBURY, MICHAEL SALMON, 2004, *Competitive interactions between artificial lighting and natural cues during seafinding by hatchling marine turtles*

PLANS D'ACTION ET DE RESTAURATION CONCERNANT LA PROTECTION DES TORTUES MARINES EN GUADELOUPE

DIRECTION GENERALE DE L'ENVIRONNEMENT GUADELOUPE, RESEAU TORTUES MARINES
GUADELOUPE, 2007, *Plan de Restauration des tortues marines des Antilles françaises, plan d'action
Guadeloupe,*

http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/downloads/doc_final_Plan_Action_Guadeloupe_27-12-07.pdf

JOHAN CHEVALIER POUR L'OFFICE NATIONALE DE LA CHASSE ET DE LA FAUNE SAUVAGE DIRECTION
REGIONAL OUTRE MER, 2005, *Plan de Restauration des tortues marines des Antilles françaises,*

<http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/downloads/2.%20Document%20B%20PLAN%20DE%20RESTAURATION.pdf>

MARION BRUNEL, 2013, *Stratégie et plan d'actions pour la protection réglementaire des sites de
ponte de tortues marines sur l'archipel guadeloupéen (rapport de stage ONCFS 10/12 - 03/13)*

Bilans d'actions concernant la protection des tortues marines en Guadeloupe

ERIC DELCROIX ET ALL., 2011, *Le programme « Tortues marines Guadeloupe » : bilan de 10 années de
travail partenarial,* http://www.groupetortuesmarinesfrance.fr/pdf_2014/04-Delcroix.pdf

ERIC DELCROIX, SOPHIE BEDEL, 2009, *Animation du Réseau Tortues Marines Guadeloupe
- Inventaire des actions réalisées dans le cadre de la convention n°SAPNSP / 2008-04,*
http://www.groupetortuesmarinesfrance.fr/pdf_2014/04-Delcroix.pdf

ERIC DELCROIX, 2014, *Protocole de suivi des pontes de tortues marines sur l'archipel guadeloupéen,*
[http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/downloads/7_Protocoles/7a_Carnet_SuiviPonte_2014.p
df](http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/downloads/7_Protocoles/7a_Carnet_SuiviPonte_2014.pdf)

ERIC DELCROIX, 2011, *Formation au suivi des pontes de tortues marines,*
[http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/downloads/8_Presentation/8b_Formation_baguage_20
12.pdf](http://www.tortuesmarinesguadeloupe.org/downloads/8_Presentation/8b_Formation_baguage_2012.pdf)

MEDIATION ET CONCERTATION

Association Kwata, 2008, *Vers la résolution des conflits d'usages tortues marines / développement du
littoral en Guyane, création d'une compétence de médiateur du développement durable*

DOCUMENTS DE COMMUNICATION SUR LA POLLUTION LUMINEUSE ET LES TORTUES MARINES

CANCEL MAÏLYS, *La pollution lumineuse, un danger pour les tortues marines,* 2010, Association Kwata

CADRE LEGISLATIF

Arrêté du 14 octobre 2005 fixant la liste des tortues marines protégées sur le territoire national et les modalités de leur protection (NOR: DEVN0540395A), <http://www.legifrance.gouv.fr>

LA REVUE DE L'ECLAIRAGE, 2004, *Les normes européennes de l'éclairage*, Lux N°228, http://www.energies-davenir.com/bibliotheque-ea/eclairage_public_signalisation/normes_euro_eclairage.pdf

LOI n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (1)(NOR: DEVX0811607L), Version consolidée au 29 décembre 2012, article 41, <http://www.legifrance.gouv.fr>

TRAMES NOIRES – RESERVES CIEL ETOILE

ASTRONOMIE ET PATRIMOINE MONDIAL : <http://whc.unesco.org/fr/astronomie/>

PROJET STARLIGHT, 2009, *Starlight reserve concept*, <http://starlight2007.net/>

RESERVE DE CIEL ETOILE DU PIC DU MIDI, <http://www.picdumidi.com/rice/>

CHARTES D'ECLAIRAGE PUBLIC

NOE CONSERVATION, 2013, *Charte de l'éclairage durable*, <http://www.noeconservation.org>

PAYS PORTES DE GASCOGNE, 2013, *Guide de l'éclairage public*, http://www.paysportesdegascogne.com/sites/default/files/CHARTE_Eclairage_Public_0.pdf

SYNDICAT DEPARTEMENTAL D'ENERGIE 35, 2013, *Charte de l'éclairage public, pour un éclairage économe et de qualité*, <http://www.sde35.fr>

SYNDICAT MIXTE D'ENERGIE DU DEPARTEMENT DES BOUCHES-DU-RHONE, 2013, *Charte et guide du décideur en éclairage public*, http://www.territoires-durables-paca.org/files/20140313_territoiresdurableseclairagepublicdurable.pdf

ÉCLAIRAGE ET ENERGIE

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE, 2012, *World Energy Outlook 2012*, <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2012/#d.en.26099>

ORGANISMES

ARTELIA, <http://www.arteliagroup.com/fr/>

SYNDICAT MIXTE D'ELECTRICITE DE LA GUADELOUPE : <http://www.symeg.net/>

ANNEXES

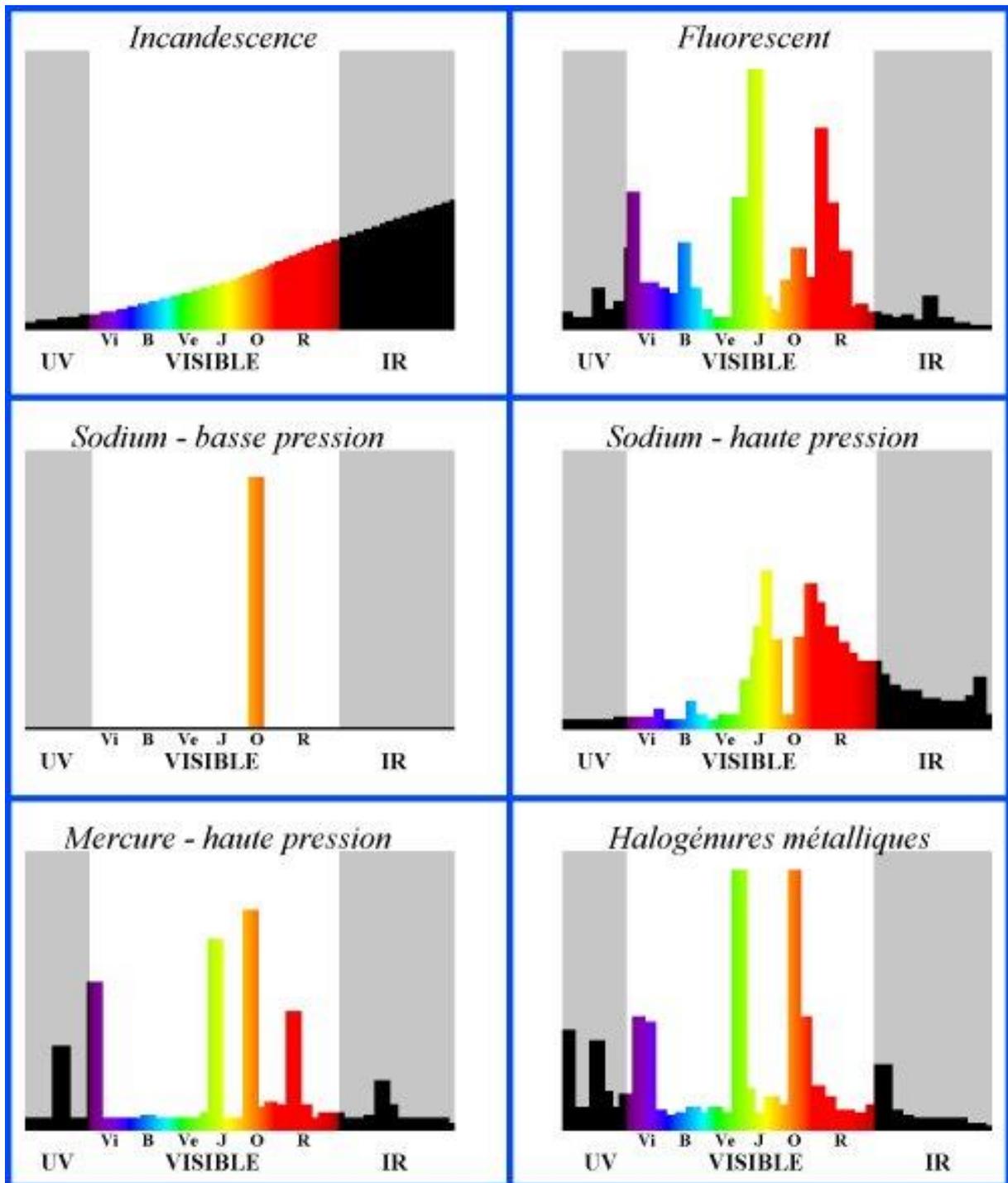
ANNEXE 1 : FICHE SPECTROPHOTOMETRE



Note importante concernant le réglage de l'appareil :

Il est important de faire régulièrement la mise à zéro de l'appareil qui se dérègle au bout de quelques mesures, surtout lorsqu'on travaille avec de faibles intensités. Il est conseillé de vérifier régulièrement le tarage de l'appareil en vérifiant que lorsque le capteur est masqué, l'appareil mesure bien 0 lux.

ANNEXE 3 : DETERMINER LE TYPE DE LAMPE GRACE AU SPECTRE DE LA LUMIERE EMISE



Comment déterminer le type de lampe grâce au spectre de la lumière émise ? Chaque lumière émise par une lampe possède une décomposition spectrale qui renseigne sur le type de source lumineuse. Il suffit de comparer le spectre mesuré avec les tables suivantes. Notez que le spectre peut varier légèrement entre deux lampes du même type : vitre de type différent ou sale, modification des composants pour les lampes fluorescentes.

A. Chargement des fonds de carte et des points GPS

- 1) Charger une image satellite du site et la géoréférencer
- 2) Importer les points GPS

B. Création des couches

- 3) Créer la couche « lampadaires »

Champs à créer : ID / hauteur / orientation / obstruction / fonction / dmax / éclairement / spectre / type / TDC / intensité

- 4) Créer la couche « points de mesure »

Champs à créer : max / éclairement / lpe vis 1 / lpe vis 2 et autant que de lampes relevées

- 5) Compléter les tables de données

Pour chaque lampadaire et chaque point de mesure les données sont à compléter. La colonne intensité de la couche lampadaires se calcule dans le SIG à l'aide du calculateur de champ : $(dmax*dmax)*\text{éclairage}$

C. Première représentation cartographique

- 6) Modifier le style de la couche « lampadaires »

Style : gradué / colonne : TDC / forme du symbole : cercle / taille du symbole : 0,05 / choisir une palette de couleurs et classer / avancé : champ de proportion : intensité + par la surface

Étiquettes : étiqueter en noir avec le champ intensité et appliquer un tampon blanc

- 7) Créer les lignes

MMQGIS → create → hub lines

Hub point layer : lampadaires / hub ID attributes : ID

Spoke point layer : points de mesure / spoke hub ID attributes : lpe vis 1

Répéter la même opération pour chaque ligne en changeant simplement spoke hub ID attributes en lpe vis 2 et répéter cela autant que de lampes relevées

La première carte est créée, celle-ci géolocalise tous les points lumineux et les caractérise.

D. Seconde représentation cartographique

- 8) Créer la couche voronoi

MMQGIS → create → voronoi diagram

Source layer : couche points de mesure

- 9) Découper la couche voronoi

Nouvelle couche shapefile → polygone → dessiner le polygone de découpage en suivant le bord de mer et les extrémités de chaque point de mesure

Vecteur → outils de géotraitement → intersections

Couche vectorielle de saisie : couche voronoi / couche d'intersection : couche de découpage

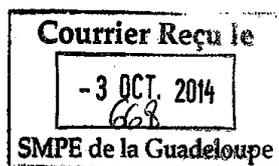
10) Modifier les étiquettes et la symbologie

Modifier la couche voronoi → style : catégorisé / colonne : éclairement / choisir une palette de couleurs / transparence : 65% / étiquette : éclairement

Afficher et modifier la couche lampadaires → symbole unique : ronds jaunes / étiquettes en noir : ID avec un tampon jaune

La seconde carte est créée, celle-ci représente l'éclairement reçu au sol à chaque point du site

ANNEXE 5 : COURRIER DU PRESIDENT DU SY.MEG, ALBERT ELATRE, A L'INTENTION DU CHEF DE SERVICE DE L'ONCFS, DAVID ROZET, LE 03.10.14



Baie-Mahault, le 17 septembre 2014

Monsieur le Président du Sy.MEG
Impasse Guy CORNELY
ZAC de Houelbourg - Jarry
97 122 BAIE-MAHAULT

COPIE

CABINET DU PRESIDENT
Affaire suivie par : J. GUIOLET
jose.guiolet@symeg.net

A

Monsieur David ROZET
Chef de Service
Service Mixte de la Police de l'Environnement
Chemin de Boyer,
Boisbert
97 129 LAMENTIN

Réf: AE/JG/DIRCAB/14-~~974~~
V. Réf. :
PJ:
LRAR :

Objet : Pollution lumineuse au niveau des sites de pontes des tortues marines

Monsieur le Chef de Service,

Nous avons reçu ce jour, à leur demande, Monsieur Guillaume HENNION-GRUARD et Madame Laura BACHELLERIE, dans le cadre de l'étude sur la pollution lumineuse au niveau des sites de pontes des tortues marines, qu'ils mènent pour le compte de l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage.

Nous sommes très sensibles à cette démarche de l'ONCFS dont l'objectif consiste à établir un état des lieux de l'éclairage au niveau des plages de pontes de tortues et de proposer des solutions d'aménagement sur les sites qui le permettent.

Aussi, nous sommes en mesure d'aller plus loin que les simples recommandations prévues par la législation en vigueur, mais faire des préconisations sur le choix du matériel pour l'éclairage, sur la base de la mise en place d'un Cahier des charges et d'une Charte entre le Sy.MEG, l'Association des Maires de la Guadeloupe et l'ONCFS.

D'autre part, nous devons programmer des travaux d'éclairage public sur les communes de la Désirade, de Terre de Bas, de Terre de Haut et de Vieux-Fort. Ainsi, pourriez-vous nous communiquer les études réalisées sur les sites de pontes de ces différentes communes et nous indiquer un référent avec lequel nous travaillerons désormais.

Si ces propositions vous agréent et si vous en étiez d'accord, mes services restent à votre disposition afin de finaliser leur mise en œuvre.

Dans cette attente, je vous prie de croire, Monsieur le Chef de Service, à l'assurance de ma considération distinguée.



Syndicat Mixte d'Electricité de la Guadeloupe
Impasse Guy CORNELY • ZAC de Houelbourg - Jarry • 97 122 BAIE-MAHAULT
Téléphone : 0590.81.38.22 • Fax : 0590.80.76.67 • Courriel : administration@symeg.net
Site : www.symeg.net

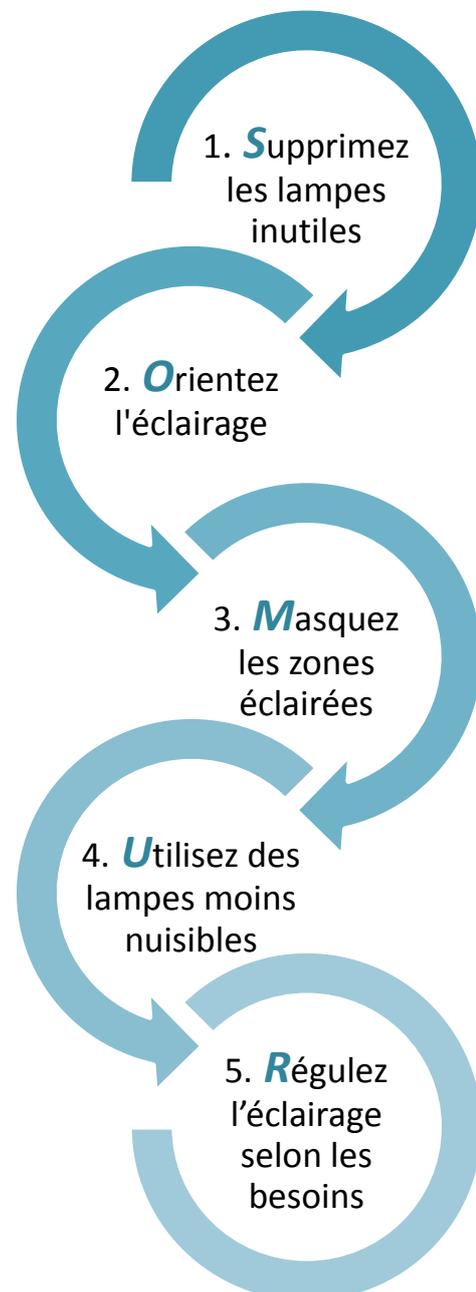


Réduire l'impact de l'éclairage sur les tortues marines en 5 étapes



Sur terre les tortues marines *s'orientent à l'aide de la lumière*. Après la ponte ou lors de l'émergence, celles-ci se dirigent vers la zone la plus lumineuse qu'est la mer. Les *éclairages artificiels visibles depuis la plage constituent alors une menace* pour les tortues marines qui risquent d'être *désorientées* et se retrouvent exposées aux prédateurs, la fatigue, la collision avec un véhicule ou encore la déshydratation. De plus, elles *favorisent les sites de ponte les plus sombres* afin de se protéger des prédateurs, les plages fortement éclairées sont donc abandonnées au profit de sites inéclairés.

Afin de réduire l'impact de l'éclairage artificiel et préserver l'activité des tortues marines sur les plages, nous vous proposons une démarche en 5 étapes :

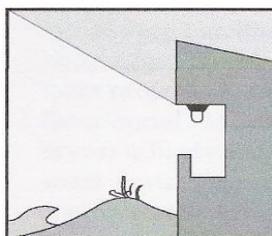
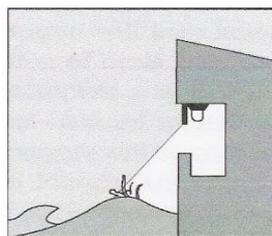
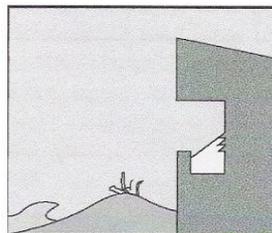


1. **S**upprimez les lampes inutiles

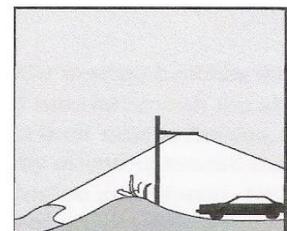
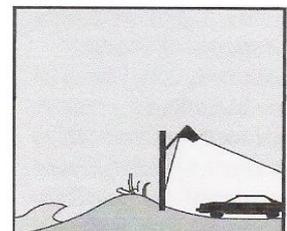
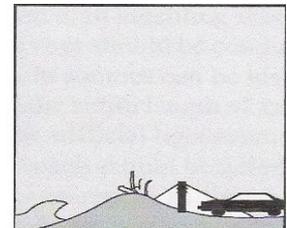
La première étape consiste à **supprimer les éclairages qui n'ont aucune utilité**. En effet, certains sites ou équipements restent éclairés tout au long de la nuit alors qu'ils ne sont ni utilisés, ni fréquentés.

2. **O**rientez l'éclairage

Dans la plupart des cas les lampadaires illuminent une surface plus étendue que nécessaire. Il est essentiel de **n'éclairer que les zones qui en ont besoin**, pour cela vous pouvez **déplacer ou réorienter la source lumineuse**, préférer des **vasques plus directionnels** et/ou **ajouter des caches** qui canaliseront le faisceau lumineux. Enfin, placez les lumières le plus au **ras du sol** possible de manière à ce qu'elles ne soient pas visibles depuis la plage.



Faible



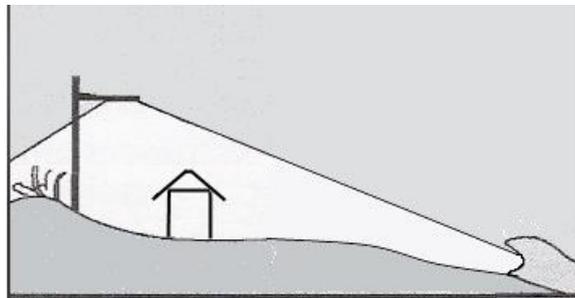
Nuisance Relative

Forte



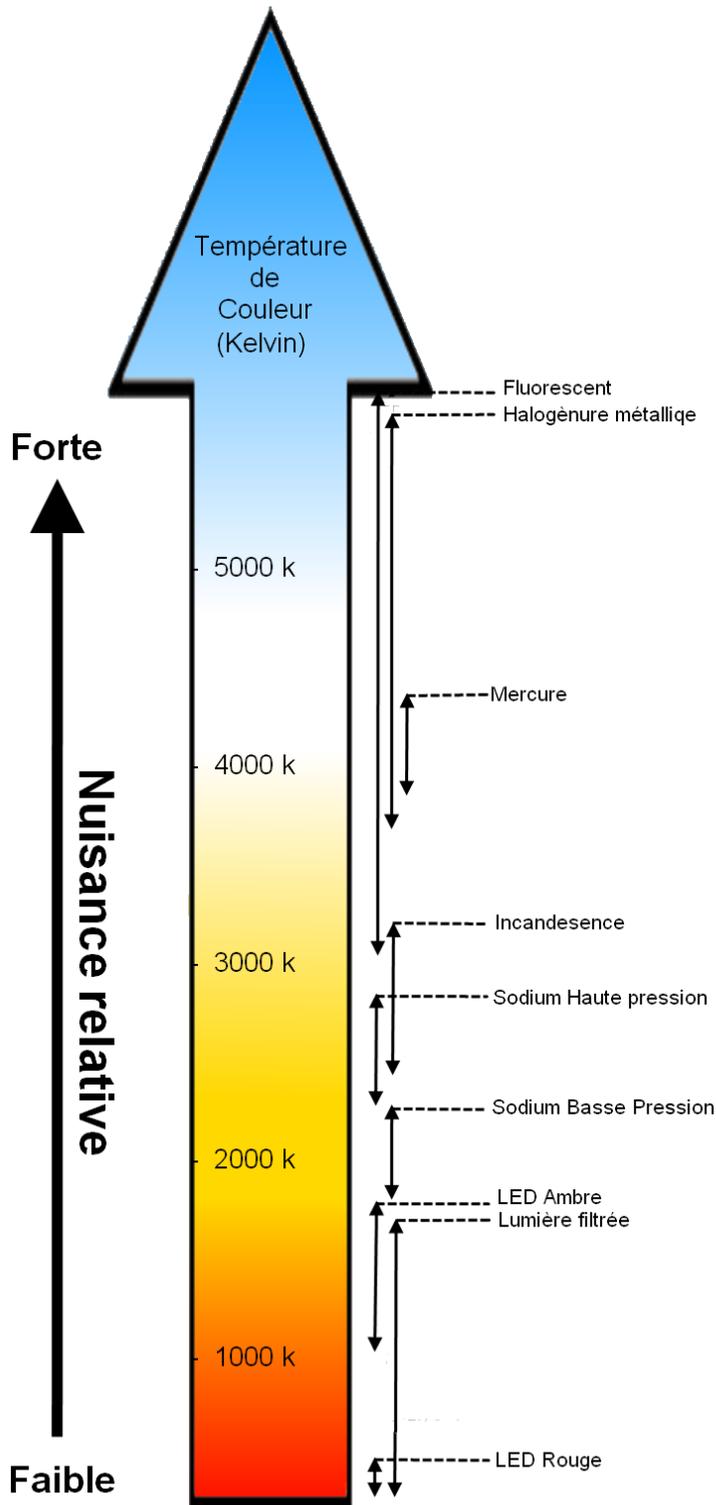
3. **Masquez** les zones éclairées

Masquez les sources lumineuses afin que celles-ci ne soient pas visibles depuis la plage et n'attirent pas les tortues. Vous pouvez élever une **barrière naturelle** à l'aide de la végétation ou du relief.



Il est important de **masquer les sources lumineuses mais aussi les zones éclairées par celles-ci**. En effet, les tortues peuvent être attirées par une simple surface au sol éclairée, même si l'ampoule du lampadaire n'est pas visible.

4. Utilisez des lampes moins nuisibles



Utilisez des ampoules à **grande longueur d'onde** ou **faible température de couleur**. Plus la lumière va tendre vers le rouge, moins les tortues seront dérangées.



Enfin, il est possible *d'installer des minuteurs ou des détecteurs de mouvement* afin de réduire les durées d'éclairage. Ici les espaces sont éclairés qu'en cas d'activités, cela permet également des économies énergétiques.



ANNEXE 7 : VEGETATION COMMUNE ET CARACTERISTIQUE DES PLAGES ET ARRIERE PLAGES DE GUADELOUPE

Front de plage

→ Herbacées :

- Herbe bord de mer (*Sporobolus virginicus*)
- Patate bord de mer (*Ipomea pes-capreae*)
- Pois bord de mer (*Canavalia maritima*)
- Matricaire bord de mer (*Egletes prostrata*)
- Pourpier bord de mer (*Sesuvium portulacastrum*)
- Amarante bord de mer (*Philoxerus vermicularis*)
- Chou bord de mer (*Cakile lanceolata*)
- Z'oreille à bourrique (*Sansevieria metallica*)

→ Arbrisseaux et arbustes :

- Ti-bois-lait ou Patate bord de mer (*Euphorbia mesembrianthemifolia buxifolia*)
- Romarin noir (*Suriana maritima*)
- Cerise bord de mer (*Scaevola plumieri*)
- Liane à barriques (*Dalbergia ecastaphyllum*)
- Raisinier bord de mer (*Coccoloba uvifera*)
- Olivier bord de mer (*Bontia daphnoïdes*)

Arrière plage

→ Herbacées :

- Marguerite bord de mer (*Mélanthera nivea*)
- Verveine courante (*Lippia nodi ora*)
- Patate chandelier (*Ruellia tuberosa*)
- *Mariscus planifolius*
- *Tragus berteronianus*
- Lis blanc bord de mer (*Pancratium arenicolum*)
- Herbe mal tête (*Kalanchoë pinnata*)

→ Arbrisseau, arbustes :

- Bordure marigot d'arrière plage : Mélange patate bord de mer et herbe bord de mer
- Croc à chien (*Machaerium lunatum*)
- Cachiman cochon (*Annona glabra*)

Terrain sec :

- (*Croton avens*) Copahu
- (*Lantana involucrata*) Ti-baume blanc
- (*Acacia tortuosa*) Acacia bord de mer
- (*Solanum racemosum*) Picanier

- (Caesalpinia ciliata) Canique jaune
- (Randia aculeata) Ticoco
- (Chrysobalanus icaco) Icaque

Plus en retrait dans l'arrière-pays :

- Campêche (Haematoxylon campechianum)
- Surettier (Zizyphus mauritiana)
- Agati Copahu (Agati grandi ora)

Préconisations pour la réfection de l'éclairage public des plages de la Désirade

Ce dossier de préconisations résulte d'un **DIAGNOSTIC DE LA POLLUTION LUMINEUSE REALISE EN 2014 SUR L'ARCHIPEL GUADELOUPEEN** par l'Office Nationale de la Chasse et de la Faune Sauvage en charge du Plan de restauration des tortues marines en Guadeloupe. Le diagnostic concernant la Désirade a été dressé à partir de mesures faites sur chacune des plages éclairées de l'île le 9 septembre 2014. Les données recueillies ont ensuite été traitées sur le logiciel de Système d'Information Géographique QGIS. Les images satellitaires sont tirées des données de l'Institut Géographique National en libre accès sur le site internet Géoportail. L'étude est réalisée à partir du **SPECTROPHOTOMETRE MK 350** du fournisseur UPRtek.

Les préconisations sont données dans le cadre d'un **PROJET DE REFECTION DE L'ECLAIRAGE PUBLIC PAR LA COMMUNE DE LA DESIRADE**. Les préconisations sont donc faites au regard des éclairages déjà existants, il ne s'agit pas de nouvelles installations. Ces recommandations ont pour but **DE MINIMISER LES NUISANCES DE L'ECLAIRAGE PUBLIC SUR L'ACTIVITE DE PONTE DES TORTUES MARINES**. Alors que plusieurs plages de l'île sont des sites privilégiés pour la ponte de ces espèces, des cas de désorientation sont régulièrement recensés.

Mises en garde :

- La précision de l'appareil ne nous permet pas de donner des valeurs avec des décimales, c'est pourquoi la notation 0 lux **NE CORRESPOND PAS REELLEMENT A UNE VALEUR NULLE DE L'ECLAIREMENT MAIS A UNE VALEUR INFERIEURE A 1 LUX**.
- La mesure de l'intensité des lampes est une valeur permettant de comparer la puissance de chaque lampe des sites étudiés, mais celle-ci ne permet pas de remonter aux caractéristiques d'usines. Le nombre cité de lampes ne prend en compte que les lampes qui fonctionnait à la date des relevés.

Termes utilisés :

POURCENTAGE DE VISIBILITE : C'est le pourcentage de points de mesures à partir desquels au moins une source lumineuse ou une zone éclairée est visible. Celui-ci correspond au pourcentage de la plage impactée par l'éclairage.

POURCENTAGE D'ECLAIREMENT DIRECT : C'est le pourcentage de points de mesures dont l'éclairage est supérieur ou égal à 1 lux. Plus celui se rapproche du pourcentage de visibilité, moins d'éclairage sera considéré comme inutile.

Le dossier présente dans un premier temps le diagnostic de la pollution lumineuse des plages de la Désirade et, dans un second temps, les préconisations pour la réfection de l'éclairage.



Septembre 2014, Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage Guadeloupe pour le Plan de Restauration des Tortues Marines, Guillaume Hennion-Guard et Laura Bachellerie

ANNEXE 9 :

PRECONISATIONS POUR LA REFECTION DE L'ÉCLAIRAGE PUBLIC DES PLAGES DE LA DESIRADE DANS LE BUT D'EN MINIMISER L'IMPACT SUR L'ACTIVITE DE PONTE DES TORTUES MARINES

Pour chaque site déjà éclairé les recommandations générales peuvent être appliquées :

- remplacer les lampes existantes par des lampes moins nuisibles à **GRANDE LONGUEUR D'ONDE OU FAIBLE TEMPERATURE DE COULEUR**
- réduire au maximum **L'INTENSITE DES LAMPES**
- installer des **CACHES ET PROTECTEURS PLANS** qui canalisent le flux lumineux
- mettre en place **DES MINUTERIES OU DETECTEURS DE MOUVEMENTS** afin d'éclairer les sites seulement lorsque cela est nécessaire
- ajuster **L'INCLINAISON DES TETES DE MATS** afin que la lampe ait une orientation la plus parallèle au sol possible

→ **PLAGE FIFI**

Fifi est une plage fortement impactée par la pollution lumineuse. Parmi les 114 plages étudiées sur l'archipel guadeloupéen, celle-ci est la 18^{ème} plus « polluée ». Sur la Désirade elle est la plage la plus touchée par la pollution lumineuse. On remarque que seul 58 % de la plage est éclairé, toutefois cela impacte 100% de la plage. Ici il n'y a donc aucun point de la plage complètement sombre. 42% de la lumière est visible depuis la plage sans l'éclairer, il s'agit donc de lumière parasite.

Dans le cas d'une simple réfection de l'éclairage, il est difficile d'apporter une réduction significative de la nuisance lumineuse sur la plage Fifi. Tout le système d'éclairage doit donc être revu pour limiter efficacement les nuisances sur l'activité de ponte des tortues. Il s'agit d'utiliser à minima des ampoules à grande longueur d'onde ou faible température de couleur ; de réduire l'intensité des lampes ; d'installer des protecteurs plans ; de mettre en place des minuteurs ou détecteurs de mouvements. On note aussi la présence de projecteurs qui doivent restés éteints sauf en cas de manifestation exceptionnelle.

→ **PLAGE ESCALIER SOUFFLEUR**

SITE PRIVILEGIE POUR LA PONTE DES TORTUES MARINES- CAS DE

DESORIENTATIONS RECENSES

Escalier Souffleur est une plage fortement impactée par la pollution lumineuse. Parmi les 114 plages étudiées sur l'archipel guadeloupéen, celle-ci est la 30^{ème} plus « polluée ». On remarque que seul 78 % de la plage est éclairé, toutefois cela impacte 41% de la plage. Ici il y a donc 37% de la lumière qui est visible depuis la plage sans l'éclairer, il s'agit donc de lumière parasite. On remarque que ce site est une plage privilégiée pour la ponte des tortues marines, cela fait de l'éclairage une menace importante. Cela explique les cas de désorientation de nouveau-nés retrouvés sur la route.

La plage Souffleur est un cas classique de plage longée par une voie de circulation éclairée. L'idéal est d'orienter le flux lumineux en direction des terres, ce qui n'est pas le cas actuellement. En effet, sur ce site chaque lampadaire éclaire la route des terres vers la mer. S'il est impossible de réorienter toutes les sources lumineuses, il convient de mettre en place des caches et des protecteurs plans afin d'avoir un rayon lumineux plus directionnel. Là aussi les ampoules les moins nuisibles pour les tortues devraient être utilisées.

→ ANSE PETITE RIVIERE
DESORIENTATIONS RECENSES

SITE PRIVILEGIE POUR LA PONTE DES TORTUES MARINES – CAS DE

Anse petite rivière est une plage moyennement impactée par la pollution lumineuse. Parmi les 114 plages étudiées sur l'archipel guadeloupéen, celle-ci est la 40^{ème} plus « polluée ». On remarque que seul 25% de la plage est éclairé, toutefois cela impacte 67% de la plage. Ici il y a donc 42% de la lumière qui est visible depuis la plage sans l'éclairer, il s'agit donc de lumière parasite. Bien que nous considérons cette plage comme moyennement « polluée », celle-ci est privilégiée pour la ponte des tortues marines, l'éclairage représente donc un risque important. Notre constat est vérifié par les cas de désorientations jusque sur la route.

Etant donné que ce site est privilégié pour l'activité de ponte, il est important de prendre des mesures efficaces. Lors de notre passage les lampes numérotées 4 et 5 étaient éteintes, celles-ci devraient le rester car il semble que les autres installations suffisent à éclairer justement le site. Si celle-ci doivent impérativement être allumées il convient impérativement de l'abaisser pour en limiter la visibilité depuis la plage. De plus, la lampe numérotée 1 doit être éteinte car celle-ci éclaire la plage jusqu'à la mer sans nécessité particulière. On note aussi que le lampadaire numéro 3 était détérioré au moment de notre passage ce qui le rendait anormalement visible sur une grande partie de la plage.

→ PLAGE FANFAN

En l'état actuel, c'est-à-dire avec la moitié des lampes éteintes, Fanfan est une plage faiblement impactée par la pollution lumineuse. Parmi les 114 plages étudiées sur l'archipel guadeloupéen, celle-ci est la 43^{ème} plus « polluée ». On remarque que seul 11% de la plage est éclairé, toutefois cela impacte 54% de la plage. Ici il y a donc 43% de la lumière qui est visible depuis la plage sans l'éclairer, il s'agit donc de lumière parasite.

Lors de notre passage sur la plage Fanfan la moitié des lampes du site étaient éteintes, il est donc difficile de donner des préconisations définitives. Nous avons remarqué que la lampe numérotée 6 (cf. cartes) est mal placée car celle-ci se trouve à moins de 20 mètres du bord de mer, elle peut donc être une cause directe de désorientations. Ce lampadaire était éteint lors de notre passage et devrait rester éteint. Toutes les lampes, à l'exception de celle numérotée 2, ont pour fonction d'éclairer une route. On s'interroge toutefois sur le bienfondé d'éclairer tout au long de la nuit cette route secondaire très peu fréquentée. Il peut être envisageable de n'éclairer qu'une partie de la route. Si, d'un point de vue légal, la route doit rester éclairée il convient d'atténuer la nuisance en changeant le type de lampes, en réduisant l'intensité et en appliquant un protecteur plan.

→ PLAGE BAIE MAHAULT
DESORIENTATIONS RECENSES

SITE PRIVILEGIE POUR LA PONTE DES TORTUES MARINES – CAS DE

Lors de notre passage sur la plage de Baie Mahault les lampes étaient éteintes, il est donc difficile de donner des préconisations. L'idéal est que les lampes restent éteintes. En effet, des cas de désorientation de nouveau-nés retrouvés sur le terrain de foot ont été reportés. A défaut de pouvoir garder la plage non éclairée, il est conseillé d'installer un minuteur. En effet, il semble que ce site est fréquenté de nuit seulement par les pêcheurs qui embarquent tôt le matin, il n'est donc pas nécessaire de laisser la plage éclairée toute la nuit. A minima, la nuisance peut être atténuée en favorisant des lampes à grande longueur d'onde ou faible température de couleur, en diminuant leur intensité et en appliquant un protecteur plan.

→ PLAGE A GALETS

SITE PRIVILEGIE POUR LA PONTE DES TORTUES MARINES

Il n'y a aucun lampadaire sur cette plage. Ce site est privilégié pour la ponte des tortues marines, il doit donc rester inéclairé.

→ PETITE ANSE

SITE PRIVILEGIE POUR LA PONTE DES TORTUES MARINES

Il n'y a aucun lampadaire sur cette plage. Ce site est privilégié pour la ponte des tortues marines, il doit donc rester inéclairé.

→ AERODROME

Il n'y a aucun lampadaire sur cette plage, l'idéal est de laisser le site inéclairé.



Septembre 2014, Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage Guadeloupe pour le Plan de Restauration des Tortues Marines, Guillaume Hennion-Guard et Laura Bachellerie

Electrorétinographie : Examen de l'œil destiné à enregistrer l'activité électrique de la rétine après une stimulation lumineuse³².

Emergence : Moment où, après l'éclosion des œufs, les nouveau-nés quittent le nid et rejoignent l'océan.

Indice pollution lumineuse : Indice qui prend en compte les quatre paramètres suivants : moyenne d'éclairement, pourcentage d'éclairement direct, pourcentage de visibilité et présence de parking.

Indice tortue : Indice tiré d'une étude réalisée par Marion Brunel pour l'ONCFS en 2013 : « *Les données issues du suivi sur les sites de ponte constituent la base du calcul d'un indicateur qui va permettre de quantifier l'importance d'un site par rapport aux autres en Guadeloupe. Ce sont les données du suivi 2008 qui ont été utilisées pour le calcul de cet indicateur : la pression de suivi y est importante et il s'agit d'une année à vertes. Cependant, pour certaines plages, dont le suivi n'était pas formalisé en 2008, ce sont les données 2012 qui ont été utilisées [...] Sur un site donné, on attribue des points associés au nombre d'activités de tortues recensées. Une activité correspond à une montée sur la plage, même si elle n'est pas suivie d'une ponte réussie. Plusieurs activités recensées peuvent donc provenir d'un seul et même individu. Selon les espèces, le nombre d'activités apporte plus ou moins de points. En effet, on retrouve beaucoup moins de tortues vertes et tortues luth sur les plages de Guadeloupe que de tortues imbriquées. On additionne les points obtenus pour chaque espèce : on obtient un total sur 15. Etant donné le statut hautement prioritaire des tortues vertes, on attribue un point bonus aux plages les accueillant. La note finale est donc sur 15, et traduit l'importance du site de ponte en matière d'accueil des femelles tortues marines en ponte. On ramène ensuite la note sur 10 pour faciliter la lecture* »³³.

Insecte lumifuge : insecte qui fuit la lumière³⁴.

Insecte lumifage : insecte attiré par la lumière³⁵.

Photopériode : Rapport entre la durée du jour et de la durée de la nuit. Ce rapport conditionne de nombreuses activités physiologiques et écologiques comme la reproduction, la migration, l'entrée en hibernation ou encore la floraison.³⁶

Maillage : Il s'agit de la discrétisation de la plage en un ensemble de points de mesure.

Multiscale : A plusieurs échelles.

Pourcentage d'éclairement direct : C'est le pourcentage de points de mesures dont l'éclairement est supérieur ou égal à 1 lux. Plus celui se rapproche du pourcentage de visibilité, moins d'éclairage sera considéré comme inutile.

³² <http://www.larousse.fr>

³³ MARION BRUNEL, 2013, *Stratégie et plan d'actions pour la protection réglementaire des sites de ponte de tortues marines sur l'archipel guadeloupéen*, p.52-53

³⁴ <http://www.dictionnaire-environnement.com>

³⁵ <http://www.dictionnaire-environnement.com>

³⁶ http://www.arehn.asso.fr/dossiers/pollution_lumineuse/index.html#18

Pourcentage de visibilité : C'est le pourcentage de points de mesures à partir desquels au moins une source lumineuse ou une zone éclairée est visible. Celui-ci correspond au pourcentage de la plage impactée par l'éclairage.

REPROTOMAF : Programme de Réduction des Problématiques Tortues Marines aux Antilles Françaises

Spectre : Le spectre est la décomposition de la lumière en ses différentes composantes spectrales.

LISTE DES SIGLES UTILISES

DEAL : Direction de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement

LD : La Désirade

LS : Les Saintes

MG : Marie Galante

MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle

ONCFS : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage

SIG : Systèmes d'information géographique

Sy.MEG : Syndicat Mixte d'Electricité de la Guadeloupe

UNESCO : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (L'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture)

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : L'évolution de la pollution lumineuse en Europe de 1992 à 2010 vue du ciel	7
Figure 2 : Désorientation de tortue marine après la ponte	13
Figure 3 : Carte des sites de ponte étudiés	16
Figure 4 : Exemple de fiche de terrain complétée, plage de Petit Havre	20
Figure 5 : Décompositions spectrales des différents types de lampes	21
Figure 6 : Extrait de la table SIG concernant les lampadaires de la plage des Galbas, Sainte Anne	23
Figure 7 : Extrait de la table SIG concernant les points de mesure de la plage des Galbas, Sainte Anne	23
Figure 8 : Eclairage reçu en Lux sur la plage des Galbas à Sainte Anne	24
Figure 9 : Caractérisation de chaque source lumineuse sur la plage des Galbas à Sainte Anne	25
Figure 10 : Calcul de l'indice tortue	27
Figure 11 : Calcul du coefficient de corrélation entre l'indice tortue et nos indices plage sur chaque plage	28
Figure 12 : Hiérarchisation des sites de ponte selon l'indice pollution non optimisé	30
Figure 13 : Contribution de l'orientation du lampadaire à la pollution lumineuse	34
Figure 14 : Canaliser le flux lumineux	35
Figure 15 : Mettre en place des écrans de végétation	37
Figure 16 : Nuisance pour chaque type de lumière	38